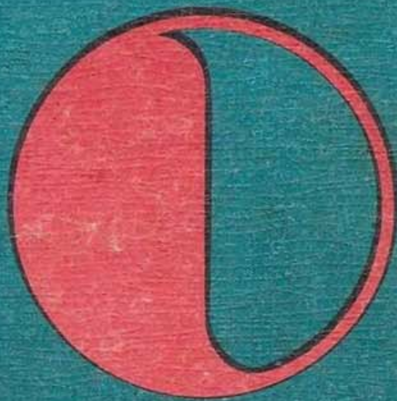
N. BOTNARIUC

BIOLOGIE GENERALĂ



EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ
BUCUREŞTI 1979

MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI ÎNVĂŢĂMINTULUI

Prof. dr. doc. NICOLAE BOTNARIUC
Membru corespondent al Academiei R. S. România
UNIVERSITATEA BUCUREŞTI

BIOLOGIE GENERALĂ

(Ediţia a II-a, revizuită şi completată)



EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, BUCUREŞTI

Redactor: Prof. **D-tru Duţianu**
Tehnoredactor: **P. Nazâru**
Coperta: **N. Sirbu**

21. VII. 1980
= Bucureşti = în preajma examenului de doctorat

PREFAȚĂ

Biologia generală, studiind problemele complexe și adesea controversate ale evoluției vieții, este o știință de largă sinteză a faptelor și legilor stabilite de toate disciplinele biologice speciale. Deoarece viața este o formă superioară de organizare și mișcare a materiei, știința evoluției are strînse conexiuni cu principii și legi generale stabilite de alte științe ca fizica, chimia, cibernetica, informatica, astronomia, geologia, geografia etc.

Pe baza sintezei generalizatoare a faptelor și legilor cunoscute, Biologia generală este menită să elaboreze o concepție unitară despre legile și mecanismele care determină organizarea și evoluția vieții, sensurile profunde ale acestui proces, mai ales că în momentul de față nu există încă o unanimitate de păreri în soluționarea chiar a problemelor majore ale Biologiei generale, privind factorii și mecanismele evoluției.

În această *a doua ediție* a manualului de Biologie generală, revizuită și completată, am încercat să prezentăm atît aspectele pozitive, cît și cele negative ale concepțiilor actuale despre evoluție și să cuprindem problemele majore ale biologiei evoluționiste actuale într-o privire unitară, de pe pozițiile teoriei și metodei sistemice, care permite depășirea multora dintre dificultățile ce stau în calea înțelegerii corecte și obiective a procesului evoluției.

Ne exprimăm speranța că, în felul acesta, vom contribui la formarea la studenții biologi a unei concepții științifice moderne, materialist dialectice, despre natura vie și legile ei.

Folosim acest prilej spre a aduce mulțumirile noastre colegilor și colaboratorilor pentru sugestiile, observațiile, precum și pentru materialul informativ pe care ni l-au pus la dispoziție. De asemenea, adresăm călduroase mulțumiri Editurii didactice și pedagogice pentru asigurarea condițiilor optime de editare a acestui manual.

AUTORUL

CUPRINS

INTRODUCERE

OBIECTUL ŞI METODELE BIOLOGIEI GENERALE

Obiectul de studiu al biologiei generale. Domeniul de preocupări al majorităţii disciplinelor biologice este destul de bine conturat pentru a nu suscita divergenţe de păreri semnificative. Practic, toţi biologii sînt de acord cu privire la conţinutul, de pildă, al zoologiei sistematice, al embriologiei plantelor sau animalelor, al citologiei, al anatomiei comparate etc. Situaţia Biologiei generale este întrucîtva diferită. Numeroasele manuale şi tratate de Biologie generală existente în diferite ţări abordează în mod diferit această disciplină. În multe din aceste lucrări sînt prezentate problemele legate de structura celulei (vegetale şi animale), fiziologie celulară, probleme de metabolism, înmulţirea organismelor, embriologie, genetică, ecologie generală, evoluţionism. Cu alte cuvinte, în acest caz, Biologia generală este înţeleasă ca studiul trăsăturilor, al legilor biologice comune atît plantelor cît şi animalelor. În alte lucrări, la fel de numeroase, în domeniul Biologiei generale, sînt cuprinse mai ales probleme legate de cunoaşterea evoluţiei biologice. Dată fiind această diversitate de păreri este necesar să precizăm obiectul Biologiei generale aşa cum va fi tratat în lucrarea de faţă.

Prin *Biologie generală* înţelegem *ştiinţa care se ocupă de studiul originii, organizării şi evoluţiei materiei vii.* Avînd acest conţinut, Biologia generală este bine delimitată de celelalte discipline biologice, chiar şi de cele comparative. Ea nu se ocupă cu studiul legilor morfologiei sau ale fiziologiei comparate, nici cu cele ale embriologiei sau biochimiei comparate etc., deşi în mod necesar foloseşte datele şi concluziile acestor domenii. În felul acesta, problemele esenţiale ale ei nu se suprapun cu cele ale altor ştiinţe biologice. Studiul organizării materiei vii este una din aceste probleme. Tratat de pe poziţiile concepţiei sistemice, acest studiu are drept scop evidenţierea legilor şi însuşirilor generale ale structurii şi funcţionării sistemelor biologice şi a relaţiilor dintre ele. De pe poziţiile acestei concepţii sînt tratate apoi problemele privind originea sistemelor biologice şi factorii care determină evoluţia lor.

Metodele de cercetare în biologia generală. Fiecare disciplină, după specificul ei, folosește anumite metode de cercetare spre a scoate mai bine în evidență fenomenele, procesele și legile lor caracteristice. În legătură cu metodologia aplicată trebuie făcută însă o precizare: metoda și metodologia de cercetare nu trebuie confundate cu diferitele procedee sau tehnici folosite în activitatea concretă. Noțiunea de *metodă* se referă la *modul de abordare* a problemelor, deci la principii metodologice, la concepția după care ne conducem în cercetarea problemelor biologice.

De pildă, clasificarea plantelor, ca și a animalelor, poate fi făcută prin metode diferite, reflectînd concepții deosebite. Timp de secole, în aceste domenii toate clasificările erau artificiale, avînd drept criterii caractere alese arbitrar și drept scop principal comoditatea în determinarea speciilor. La baza acestei metode a stat concepția fixistă, care nu recunoaște existența legăturilor de înrudire, filogenetice, dintre specii sau alți taxoni. Din contră, clasificările filogenetice folosesc drept criterii ansambluri de caractere structurale, funcționale, comportamentale etc. semnificative pentru evoluția speciilor, urmăresc reflectarea cît mai obiectivă a descendenței taxonilor și au la bază concepția evoluționistă.

Cercetarea problemelor de biologie generală folosește mai ales trei metode generale: *analitică, istorică, sistemică.*

Metoda analitică (sau *carteziană*). În istoria științelor naturii aceasta este de fapt prima metodă științifică de cercetare. Referindu-ne la domeniul biologiei, esența acestei metode constă în analiza cît mai profundă și mai corectă a structurilor și mecanismelor concrete ale diferitelor procese biologice. Evident, în această analiză sînt utilizate diferite procedee ca *descrierea*, bazată pe variate tehnici, pînă la microscopia electronică, *comparația, experimentul*, folosind progresele tehnicii moderne.

În secolele XVI–XVIII metoda analitică a fost, practic, unica și cea mai importantă metodă de cercetare a naturii. Ea continuă să fie aplicată și în zilele noastre, deoarece rezultatele aplicării o justifică pe deplin. În decursul secolelor ea a permis acumularea unui imens material faptic care, treptat, a dus la propria sa depășire.

Recunoscînd importanța trecută și actuală a metodei analitice trebuie să subliniem și caracterul ei mărginit, pericolul aplicării ei unilaterale și exclusive. Cel mai însemnat neajuns al unei asemenea aplicări este faptul că ea duce la *reducționism*, adică la tendința de a explica însușirile, legile întregului prin reducerea lor la legile, însușirile părților componente.

Metoda analitică tinde să ignoreze întregul și să-și concentreze atenția doar asupra părților. În istoria gîndirii biologice, aplicarea unilaterală a acestei metode a dus la instaurarea fixismului și a creaționismului.

Numeroase lucrări actuale pot ilustra aplicarea adesea unilaterală a acestei metode, prin caracterul lor factologic excesiv, prin încercări de a

reduce legile biologice la cele fizice şi chimice, de a explica evoluţia prin legi fiziologice, de a reduce fenomenele populaţionale la cele individuale, iar pe acestea din urmă la cele de nivel molecular.

Unilateralitatea metodei analitice constă şi în aceea că ea, limitîndu-se la latura factologică, nu poate explica *originea* şi *dezvoltarea* fenomenelor biologice.

Metoda istorică (sau *darwiniană*) a apărut şi s-a cristalizat în secolul trecut — secolul apariţiei darwinismului, a gîndirii evoluţioniste şi, deci, a biologiei generale.

Esenţa metodei constă în aceea că fiecare structură sau funcţie biologică, fiecare mecanism concret ce caracterizează materia vie sînt privite ca rezultate, momente ale unui lung proces de dezvoltare istorică a vieţii. Prin această metodă se tinde la clarificarea valorii, a semnificaţiei evolutive şi, totodată, adaptative a fenomenelor şi proceselor biologice. În timp ce metoda carteziană lămureşte componenţa întregului, mecanismele proceselor, unele *legităţi actuale* de structură şi funcţionare, metoda istorică lămureşte *originea* acestor mecanisme şi *semnificaţia* lor în procesul evoluţiei. De pildă, în analiza organelor omoloage, metoda analitică permite stabilirea unităţii planului de structură a organelor, dezvoltarea lor ontogenetică, conexiunile lor anatomice etc. Metoda istorică explică de ce organele respective au aceeaşi provenienţă embrionară, de ce au acelaşi plan de structură şi aceleaşi conexiuni: cauza acestor trăsături comune este descendenţa grupelor respective de organisme dintr-un grup strămoşesc comun.

Din cele spuse apare evident că ambele metode — analitică şi istorică — nu se exclud ci, din contră, se completează reciproc, sînt complementare şi în mod necesar trebuie aplicate concomitent.

Metoda sistemică. Concepţia clasică a darwinismului, dezvoltată în prima jumătate a secolului nostru prin sintetizarea datelor esenţiale din principalele domenii ale biologiei, prin includerea rezultatelor genetice, prin formularea teoriei genetico-matematice a selecţiei, a generat *concepţia sintetică a evoluţiei* (neodarwinismul actual), care este acceptată de majoritatea biologilor.

Totuşi, în ultimele 2–3 decenii, aprofundarea cercetărilor într-o serie de domenii ca ecologia şi genetica populaţiilor, asupra mecanismului de acţiune al selecţiei şi al transformărilor evolutive ale populaţiilor şi speciilor, a făcut să se resimtă unele deficienţe ale concepţiei sintetice bazată pe folosirea celor două metode amintite — analitică şi istorică.

Vom aminti, pe scurt, aceste deficienţe pentru că încercarea de rezolvare a lor a dus la pătrunderea şi dezvoltarea în biologie a metodei şi, de aici, a concepţiei sistemice.

Astfel a apărut o anumită imprecizie în folosirea unor noțiuni fundamentale ale biologiei ca evoluția, adaptarea, selecția. Astfel, *evoluția*, ca transformare, este o însușire generală a materiei, atît a celei lipsită de viață cît și a celei vii. Dar, în sens strict biologic, este necesar să se precizeze concret *obiectul* evoluției. În domeniul biologiei această noțiune este aplicată, fără prea mult discernămînt, la cele mai diferite fenomene biologice: se vorbește despre evoluția organismelor (deci a indivizilor), despre evoluția speciilor, a biocenozelor etc. Într-un anumit sens, pe cît de general pe atît de vag, în sens de transformare, acest procedeu este corect, dar este evident că procesele la care se referă sînt *calitativ* diferite: la organismele individuale este vorba de dezvoltarea ontogenetică; în cazul populațiilor sau al speciilor este vorba de transformarea adaptativă a speciilor în succesiunea generațiilor; în cazul biocenozelor este vorba de transformarea structurii biocenozei și a relațiilor dintre specii. Aplicarea fără discernămînt a termenului de evoluție la toate aceste fenomene duce la confuzii și creează dificultăți în aprofundarea cercetărilor.

De aici, însă, au apărut și alte impreciziuni legate de noțiunile de *selecție* și de *adaptare*.

În ultima vreme o serie de personalități în domeniul biologiei ajung la concluzia esențială că obiectul evoluției și, deci, al selecției îl reprezintă populațiile sau speciile și nu indivizii izolați. Această concluzie este, de fapt, rezultatul aplicării conștiente sau nu a metodei sistemice. Dar de aici se impune și o altă concluzie privind adaptarea. Dacă adaptarea este rezultatul acțiunii selecției, rezultă că adaptarea este și ea o însușire de nivel populațional.

Pe de altă parte, *concepția statistică* despre selecție a ridicat și ea unele dificultăți. În această concepție, practic, nu se acordă atenție individului, cu însușirile lui particulare; nu se acordă atenție cuvenită nici rolului pe care-l poate avea dezvoltarea individuală, cu particularitățile ei, pentru procesul evoluției. Or, dezvoltarea individuală reprezintă procesul prin care se realizează în fenotip informația cuprinsă în structura genotipului. Este tocmai canalul prin care această informație se transmite către mediu, către ecosistem, deoarece fenotipul este de fapt purtătorul activ al vieții, el desfășoară activitatea caracteristică în ambianța condițiilor abiotice și biologice ale ecosistemului dat.

Nici relațiilor cu mediul nu li se acordă rolul cuvenit în evoluție. Concepția statistică nu mai permite abordarea diferențiată a factorilor mediului. Ori faptele arată că acțiunea selecției diferă calitativ la populații aflate pe diferite trepte ale evoluției filogenetice. Este suficient să menționăm că relațiile intraspecifice, depinzînd de gradul de organizare a populațiilor, sînt trecute cu vederea, deși cercetările ecologice arată uriașa lor importanță pentru procesele adaptării și ale evoluției.

Toate aceste deficiențe ale concepției sintetice a evoluției, sesizate adesea chiar de reprezentanții ei de frunte, au făcut să se resimtă treptat necesitatea unui nou punct de vedere, a unui nou mod de abordare a problemei evoluției, care să permită depășirea greutăților.

Analiza problemelor amintite arată că neajunsul principal constă în neglijarea unui aspect esențial, acela al *organizării* materiei vii.

Metoda și concepția sistemică pornesc tocmai de la studiul acestui aspect al realității. Ideea esențială a acestui mod de abordare a cercetării este că întreaga materie, atît cea lipsită de viață cît și cea vie, este organizată în *sisteme* ierarhizate: orice sistem este alcătuit din subsisteme și, la rîndul său, este o parte componentă *(subsistem)* al unui sistem mai cuprinzător. De aceea, orice sistem în relațiile lui cu mediul se comportă ca un întreg, ca o unitate. Metoda sistemică are drept preocupare importantă studiul relațiilor dintre parte și întreg, adică al modului în care interacțiunile părților (subsistemelor) componente duc la apariția însușirilor noi ale întregului, a legilor proprii întregului și pe care nu le regăsim la componentele lui.

Metoda sistemică aplicată în biologie urmărește pe de o parte stabilirea legilor de organizare și însușirile comune tuturor sistemelor biologice, iar pe de altă parte, ținînd seama de faptul că sistemele biologice nu sînt echivalente și alcătuiesc o ierarhie a nivelelor de organizare, urmărește stabilirea legilor specifice fiecărui nivel de organizare al materiei vii (vezi *Capit. 1*).

În felul acesta, metoda sistemică permite delimitarea și precizarea diferențiată a legilor fiecărui nivel de organizare a materiei vii, a relațiilor dintre sisteme aparținînd nivelelor diferite, a rolului specific al sistemelor de un anumit nivel în desfășurarea procesului evoluției. Întrucît sistemele biologice funcționează după principii cibernetice, metoda sistemică deschide posibilitatea abordării cantitative a mecanismelor evoluției.

După cum se poate vedea, metoda sistemică nu neagă cele două metode anterioare ci le completează în mod fericit. Selecția apare ca o lege a sistemelor de nivel populațional sau al speciilor, care reprezintă totodată obiectul specific evoluției. Deci ceea ce evoluează nu sînt indivizii ci populațiile. Formele pe care le va îmbrăca acest proces vor depinde pe de o parte de însușirile populației în ansamblu, ca sistem integru, iar pe de altă parte de structura și modul de funcționare a indivizilor componenți. Aceasta implică cunoașterea mecanismelor concrete ale metabolismului, ale eredității, ale relațiilor organismelor cu mediul abiotic și biologic (metoda analitică).

Înțelegerea în profunzime a funcționării și a însușirilor populației sau ale speciei nu sînt posibile fără cunoașterea evoluției ei istorice, a legă-

turilor ei filogenetice, a rolului adaptativ al acestor mecanisme (metoda istorică-darwiniană). Dar aceste trăsături ale populației își dezvăluie întreaga lor semnificație doar în cadrul organizării ierarhice a sistemelor biologice în care este integrată.

În acest manual, pe baza datelor celor mai semnificative obținute prin aplicarea metodei analitice, precum și a celei istorice, s-a încercat să se aplice cu cît mai multă consecvență metoda și concepția sistemică în abordarea și explicarea principalelor probleme ale biologiei generale moderne.

PARTEA ÎNTÎI

MATERIA VIE ŞI CARACTERUL OBIECTIV AL EVOLUŢIEI

CAPITOLUL 1.

MATERIA VIE

1.1. ÎNSUŞIRI CHIMICE ALE MATERIEI VII

1.1.1. COMPONENŢA CHIMICĂ ELEMENTARĂ A MATERIEI VII

Materia vie, privită ca fenomen planetar, este reprezentată prin totalitatea organismelor de pe Pămînt. Alături de litosfera, hidrosfera şi atmosfera planetei noastre, materia vie alcătuieşte, de asemenea, un înveliş denumit *biosfera*.

Vorbind de compoziţia chimică a materiei vii, trebuie să ne referim la cunoştinţele privind compoziţia chimică nu a unui organism oarecare, ci a ansamblului biosferei.

Deşi numărul de specii cercetate din punct de vedere al elementelor chimice este relativ mic, din cele 104 elemente chimice cunoscute în stare naturală peste 60 au fost identificate în diferite organisme şi nu încape îndoială că metodele moderne de cercetare vor duce la identificarea şi a altor elemente chimice cunoscute în natura lipsită de viaţă.

Toate elementele chimice identificate în componenţa materiei vii sînt cunoscute şi în natura anorganică, lucru explicabil dat fiind că materia vie este rezultatul evoluţiei materiei lipsite de viaţă.

Caracteristica materiei vii este faptul că proporţiile dintre diferitele elemente chimice sînt diferite de cele din materia lipsită de viaţă, după cum se poate vedea din tabelul 1. În acest tabel, elementele sînt împărţite, din punct de vedere al proporţiilor, în trei categorii: *macroelemente* — cuprinzînd elementele chimice majore ale materiei vii — *microelemente* şi *ultramicroelemente*.

Din tabel se observă că numai oxigenul se află în aceleaşi proporţii atît în materia vie cît şi în scoarţa Pămîntului. Dacă privim elementele din punct de vedere al greutăţii lor atomice, constatăm că în materia vie sînt concentrate elementele cele mai uşoare. Oxigenul, care este cel mai greu dintre ele, este însă cel mai uşor dintre elementele mai importante din scoarţa Pămîntului.

Tabelul 1

Conținutul mediu (în % din greutate) al unor elemente chimice în scoarța Pămîntului și în materia vie[1]

Elemente	Scoarța Pămîntului	Materia vie	Nr. atom. (Z)	Gr. atom
Macroelemente				
O	62	62	8	16
C	0,01	20	6	12
H	—	10	1	1
N	210^{-2}	3	7	14
Microelemente				
Na	2,6	0,1	11	23
Mg	2	0,07	12	24
P	0,08	1,14		
S	0,05	0,14		
Cl	0,048	0,16		
K	1,4	0,11	19	39
Ca	1,9	2,5	20	40
Ultramicro-elemente				
B	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$		
Si	27,6	0,05	14	28
V	0,027	$1{,}10^{-4}$		
Mn	0,09	0,0005		
Fl	5,0	0,02	26	56
Co	$4 \cdot 10^{-3}$	$1{,}10^{-5}$		
Cu	$1 \cdot 10^{-2}$	$2{,}10^{-4}$		
Zn	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$		
Mo	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$		
Sr	0,04	0,001		
Li	$6{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}10^{-4}$		
Pb	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$		
I	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$		
Ra	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-12}$		
Cd	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$		

[1] În privința diferitelor elemente, datele diverșilor autori diferă adesea considerabil; tabelul este combinat după autori cît mai recenți.

Deosebirea de proporții, adesea considerabilă, între conținutul elementelor chimice în scoarța terestră și în materia vie are o profundă semnificație biologică și se datorează unor cauze multiple. Cea mai importantă dintre acestea este *electivitatea metabolismului:* anumite elemente chimice care, datorită însușirilor lor, sînt necesare organismului în proporții mai mari, sînt extrase în mod selectiv din mediul anorganic și concentrate în materia vie. Electivitatea metabolismului se poate vedea ușor, de pildă din faptul bine cunoscut că specii de plante sau de animale, crescînd alături pe același sol sau în aceeași apă, au compoziția elementară diferită, atît între ele cît și față de mediul în care trăiesc.

Metabolismul și electivitatea lui, privite pe scara planetară a biosferei, determină procese deosebit de importante. Materia vie nu este răspîndită uniform pe suprafața globului. Concentrări deosebit de mari le reprezintă pădurile, planctonul marin. În locurile cu asemenea concentrări ale materiei vii, și procesele de concentrare a unor elemente chimice sînt deosebit de active: se formează zăcăminte de cărbuni, depozite de calcar, de siliciu, de fier, de sulf etc. de origine biologică.

Unele elemente, deși în proporții foarte mici în scoarța Pămîntului, sînt concentrate foarte activ de unele specii. Astfel, iodul este extras de unele alge din apa de mare, fiind de 1 000 de ori mai concentrat în alge decît în apă. În același fel, de pildă, ascidiile concentrează în corpul lor vanadiu, unele moluște — cadmiu, unele plante concentrează litiu, brom, iar lintița de baltă — radiu.

Apare evident că în felul acesta materia vie schimbă căile geochimice de circulație a multor elemente, precum și repartiția lor în scoarță.

Proporțiile mici în care intră micro- și ultramicroelementele în materia vie nu sînt semnificative în privința rolului lor biologic. Dar atît excesul, cît și lipsa din mediu a multora din aceste elemente pot limita extinderea vieții sau chiar pot crea condiții incompatibile pentru materia vie. Un număr însemnat din aceste elemente are un rol hotărîtor în desfășurarea proceselor metabolice ca, de pildă, Mg, Ca, B, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, care reprezintă cofactori ai numeroaselor enzime cu funcții importante în organism; ionii de Na, K, Ca, Cl etc. au un rol însemnat în menținerea condițiilor constante ale mediului intern, în activitatea

Tabelul 2

Compararea conținutului unor ioni din apa de mare și din unele organisme animale (în milimoli/l).

Specificație	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}
Apa de mare	417	9,1	9,4	50	483	30
Holoturia (echinoderme)	420	9,7	9,3	50	487	30
Venus (moluște)	438	7,4	9,5	25	514	26
Hidrophilus (coleoptere)	119	13	1,1	20	40	0,14
Lophius (pești)	228	6,4	2,3	3,7	164	—
Broasca (amfibieni)	103	2,5	2,0	1,2	74	—
Omul	145	5,1	2,5	1,2	103	2,5

membranelor şi în alte procese metabolice. Unele elemente ca V, Zn, Cu, Cr, I formează combinaţii cu diferite proteine, combinaţii cu importante funcţii fiziologice.

Adesea, lipsa în proporţii infinitezimale a unor micro- sau ultramicroelemente din sol sau din apă pricinuieşte apariţia unor grave maladii la plante şi la animale. O serie de metale şi metaloizi există în organisme sub formă de ioni ca, de exemplu, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^{-}, PO_4^{2-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-}, CO_3^{2-}.

Pentru organisme este deosebit de importantă menţinerea echilibrului dintre diferiţii ioni, deoarece, după cum se ştie, de acest echilibru depind funcţiunile normale ale organismelor. Se constată că la grupe foarte diferite de organisme, deci în tot mersul evoluţiei filogenetice, echilibrul ionic se menţine în limite destul de strînse, apropiate de cele din apa de mare. Această asemănare (tab. 2) este una din dovezile elocvente ale originii acvatice a regnului animal şi a vieţii în general.

1.1.2. STRUCTURA ŞI UNELE ÎNSUŞIRI ALE ATOMILOR

După cum s-a putut vedea din tabelul 1, elementele chimice esenţiale pentru materia vie (C, H, N, P), cu excepţia oxigenului, nu sînt cele mai răspîndite, cele mai comune, în scoarţa terestră. Atunci, firesc, se pune întrebarea: de ce din totalul de peste 100 de elemente, tocmai aceste cîteva, destul de rare, au devenit cei mai importanţi constituenţi ai materiei vii? Faptul se datoreşte anumitor însuşiri particulare ale elementelor amintite, însuşiri la rîndul lor determinate de o anumită structură a atomilor lor. De aceea, credem că este util să reamintim unele noţiuni generale legate de structura atomului, ceea ce va uşura înţelegerea mai clară a comportării elementelor mai importante din materia vie.

Orice atom, în mod normal, este format dintr-un nucleu purtînd sarcini electrice pozitive în jurul căruia gravitează un număr de electroni încărcaţi negativ. Nucleul este alcătuit, la rîndul lui, din protoni şi neutroni. Fiecare proton este purtătorul unei sarcini pozitive; neutronii sînt neutri. Fiecare electron este purtătorul unei sarcini electrice negative. În atomul normal, al oricărui element, numărul electronilor este egal cu acela al protonilor, de aceea apare neutru din punct de vedere electric.

Electronii gravitează nu numai în jurul nucleului atomic dar se rotesc şi în jurul axei proprii a fiecărui electron (ca o planetă care se roteşte în jurul Soarelui şi în jurul propriei sale axe). Momentul de rotaţie corespunzător mişcării electronului în jurul axei sale poartă numele de *„spin"*. Cînd doi electroni au acelaşi spin (se învîrtesc în acelaşi sens în jurul axei lor), se spune că au *spini paraleli;* cînd se învîrtesc în sens contrar, spunem că au *spini antiparaleli.* Doi electroni cu spini contrari, de pildă avînd unul valoarea $+1/2$ iar altul $-1/2$, se pot „cupla" formînd o *pereche.* Electronii cu acelaşi spin nu se pot cupla, ei rămîn *„celibatari".* Pe o orbită poate gravita cel mult o pereche de electroni (cuplaţi), cu spini antiparaleli şi, în acest caz, orbita este „saturată". Dacă gravitează doar un electron, orbita este „nesaturată". La fel stratul (K, L etc.), conţinînd mai multe orbite, poate fi saturat sau nesaturat (liber). Valoarea razei orbitei electronilor nu este

aceeaşi la toţi atomii. Dacă sarcina pozitivă a nucleului creşte, raza scade. De asemenea, cu cît valoarea lui n (numărul orbitei) creşte, atracţia spre nucleu scade. Această scădere este şi mai mare cînd între orbita dată şi nucleu există alte orbite care formează un fel de „ecran" ce atenuează atracţia nucleului.

Comportamentul chimic al atomului depinde de structura „norului" electronic. Electronii se rotesc în jurul nucleului pe anumite straturi, aflate la anumite distanţe de nucleu. Pot fi şapte straturi de electroni, însemnate, dinspre nucleu spre exterior, prin literele *K, L, M, N, O, P, Q*. Pe fiecare strat poate exista un anumit număr maxim de electroni.

Însemnînd cu n numărul de ordine al stratului, numărul maxim de electroni de pe un strat este dat de expresia: Nr. max.$=2n^2$. Deci:

stratul	K ($n=1$)	poate avea maximum	$2 \cdot 1^2 = 2$	electroni
„	L ($n=2$)	„ „ „	$2 \cdot 2^2 = 8$	„
„	M ($n=3$)	„ „ „	$2 \cdot 3^2 = 18$	„
„	N ($n=4$)	„ „ „	$2 \cdot 4^2 = 32$	„
„	O ($n=5$)	„ „ „	$2 \cdot 5^2 = 50$	„
„	P ($n=6$)	„ „ „	$2 \cdot 6^2 = 72$	„
„	Q ($n=7$)	„ „ „	$2 \cdot 7^2 = 98$	„

La rîndul său, fiecare strat poate avea unul sau cîteva substraturi. Dinspre centru spre periferie, substraturile unui strat se notează prin *s, p, d, f*. Astfel, stratul *K* are un singur substrat *s*, pe care pot fi maximum 2 electroni (prescurtat $1s^2$, în care 1 este numărul de ordine al stratului în care intră substratul dat, iar 2 din dreapta lui *s* arată numărul electronilor din substrat). Stratul *L* are substraturile *s* (2 electroni) şi *p* (maxim 6 electroni, cîte o *pereche* pe cîte o orbită); stratul *M* are 3 substraturi *s* cu 2 electroni, *p* cu 6 electroni, *d* cu maximum 10 electroni, cîte doi pe o orbită (deci total 18 electroni pe stratul *M*). Dacă dintr-un strat lipseşte un substrat, numărul maxim de electroni ai stratului este şi numărul maxim al electronilor de pe substraturile prezente. Important este faptul că orbitele *s*, mai apropiate de nucleu, sînt sferice, în timp ce orbitele mai îndepărtate *(p)* au forma unor opturi (8). Orbitele şi mai îndepărtate pot avea şi alte forme.

Atomii la care straturile lor sînt toate complete (deci cuprind număr maxim posibil de electroni) sînt stabili electronic şi inerţi din punct de vedere chimic. Acestea sînt aşa-numitele gaze nobile: He (un singur strat K, cu 2 electroni), Ne (stratul extern L — 8 electroni); Ar (stratul extern M cu 18 electroni) etc. Toate celelalte elemente au stratul electronic extern incomplet. Toţi aceşti atomi au tendinţa de a avea stratul extern complet, deci de a fi în stare de maximă stabilitate, ceea ce se poate realiza fie captînd electroni de la alţi atomi, fie cedînd altor atomi electronii de pe stratul incomplet. Din această cauză toate elementele cu stratul electronic extern incomplet sînt reactive chimic, iar însuşirile lor chimice vor depinde de structura acestui strat. Însăşi tendinţa de a realiza stabilitatea (deci de a avea stratul electronic extern complet), la unele elemente prin cedarea electronilor externi la altele prin captare de electroni, este urmarea structurii stratului extern. De pildă, clorul are pe stratul *K* 2 electroni (deci complet), pe stratul *L* — 8 electroni, pe stratul *M* — 7 electroni în loc de 8.[1] El are tendinţa de a

[1] Atît la atomul de clor, cît şi la cel de sodiu, din stratul *M* există doar primele două substraturi, *s* şi *p*, lipsind substratul *d*, care poate conţine pînă la 10 electroni. Fără acest substrat, numărul maxim de electroni în stratul *M* este de 8.

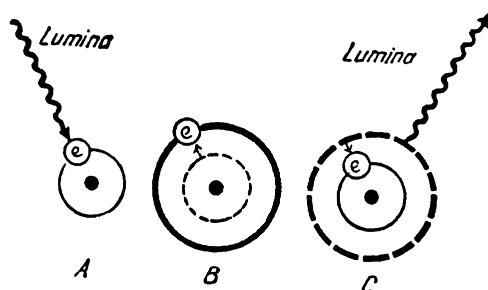


Fig. 1. Absorbția energiei de către un atom (*A*), activarea lui (*B*) și eliberarea de energie (*C*).

capta electronul lipsă. Clorul, deci, este un acceptor de electroni. *Aceasta este caracteristica generală a metaloizilor.* Sodiul, din contră, are pe stratul *M* doar 1 electron. Aici tendința de cedare a unicului electron de pe stratul *M* este mai mare decît cea de captare, 7 electroni, cît i-ar trebui pentru a completa stratul. Na, ca și toate metalele, este deci un donator de electroni. La elementele la care în stratul extern există jumătate din numărul maxim de electroni, cele două tendințe — de acceptare și de cedare de electroni — se echilibrează. Așa este de pildă carbonul, care are pe stratul său extern *L* 4 electroni, în loc de 8, ceea ce îi conferă o serie de însușiri deosebite.

În stare fundamentală, electronii unui atom se învîrt pe orbitele lor cele mai apropiate de nucleu, ceea ce corespunde nivelului energetic minim al atomului. Energia unui electron, avînd o orbită *n*, este dată de expresia generală:

$$En = -\frac{RhZ^2}{n^2},$$

unde *Rh* este un număr constant, *Z* — numărul atomic al elementului (adică numărul electronilor elementului dat), iar *n* — numărul corespunzător orbitei. Aceasta fiind valoarea negativă a expresiei, rezultă că energia electronului scade cînd valoarea lui *n* scade (deci cînd orbita este mai apropiată de nucleu) și, invers, cu cît orbita este mai depărtată, energia crește.

În cazul cînd atomul primește energia dinafară (termică, electrică etc.) electronii își pot schimba orbita, pot trece de pe o orbită inferioară (mai apropiată de nucleu) pe una din orbitele următoare, dobîndind o mai mare cantitate de energie (fig. 1). Trecerea nu se poate face decît în salt: *n* fiind numărul întreg, energia electronilor pornind de la orbita 1 va fi:

$$RhZ^2; \quad -\frac{RhZ^2}{4}; \quad -\frac{RhZ^2}{9}; \text{ etc.}$$

Între aceste valori nu apar valori intermediare. Prin urmare, într-un atom energia nu variază în mod continuu ci în cuante (este *energia cuantificată*). Un atom, care a cîștigat o cuantă de energie, se află în stare excitată; deci *el este activat*, fiind mai reactiv în această stare. Starea de excitație, pentru fiecare electron în parte, durează foarte puțin (10^{-8} s), după care electronul revine la stratul lui inițial, tot în salt, eliberînd sub formă de unde cuanta de energie primită. Lungimea acestor unde va depinde de straturile între care se face schimbul. Astfel, dacă un electron de pe stratul *K* saltă pe un strat mai depărtat (*L, M, N, O*), revenirea lui pe stratul *K* duce la emiterea de radiații ultraviolete (lungimea de undă 1—100 mμ); recăderea pe stratul *L* duce la emiterea de radiații din spectrul vizibil (100 mμ—1 μ); recăderea pe stratul *M* duce la emiterea de radiații infraroșii (1 μ—10 cm). Dacă energia incidentă este suficient de puternică, atomul poate pierde un electron și, deci, o sarcină electrică negativă, devenind astfel un ion pozitiv (cation), după cum un alt atom poate capta un electron în plus, căpătînd o sarcină negativă, transformîndu-se în ion negativ (anion).

1.1.3. LEGĂTURI CHIMICE

În urma reacţiei dintre doi sau mai mulţi atomi, între ei se stabilesc legături chimice, adică forţe de atracţie care menţin atomii daţi unul lîngă altul.

Legăturile chimice pot fi de mai multe feluri. Vom menţiona şi vom caracteriza aici doar acelea care sînt mai importante pentru înţelegerea proceselor biologice.

Legătura covalentă. Este legătura chimică prin excelenţă şi constă în unirea a doi atomi de metaloizi (aceiaşi sau diferiţi), datorită faptului că doi electroni de pe stratul extern, cîte unul de la fiecare atom, formează un *dublet* (pereche) care nu mai aparţine nici unuia dintre atomii componenţi şi devin electroni comuni moleculei ca întreg. De pildă, Cl are 7 electroni pe stratul extern *(M)*. El tinde spre starea de maximă stabilitate prin captarea unui electron şi, deci, completarea stratului pînă la 8 electroni. Acest lucru se poate realiza prin reacţie cu un alt atom de clor. Atomii de clor, în contact între ei, tind a capta unul de la altul cîte un electron. Atomii rămîn atraşi între ei, iar cei doi electroni — dubletul electronic — devin comuni pentru întreaga moleculă, formînd norul electronic molecular. În felul acesta fiecare atom din moleculă realizează octetul său, în acelaşi timp rămîn neutri electric şi întregi.

Dubletul de electroni realizează starea stabilă a atomilor, reduce posibilităţile lor de reacţie cu alţi atomi. În acelaşi fel, atomii de H, avînd cîte un electron, tind să-şi completeze stratul *K*, captînd un electron. Astfel se formează o moleculă de hidrogen, avînd un dublet electronic — adică o legătură covalentă. Legarea celor doi nuclei prin perechea de electroni comuni se explică prin faptul că electronii gravitează în jurul celor doi protoni pe o traiectorie destul de neregulată, adesea în formă de 8, trecînd prin zona dintre protoni. Pe lîngă aceasta, viteza de mişcare a electronilor în zona periferică (externă) a moleculei este mai mare, iar în zona centrală mai mică. În felul acesta, în zona centrală se realizează o densitate mai mare a norului electronic (sarcina negativă), care ţine atraşi spre el cei doi protoni (sarcini pozitive).

În cazul cînd molecula este formată din doi atomi identici, atunci dubletul de legătură este atras la fel de tare de către ambii nuclei, norul electronic deci are aceeaşi densitate la ambii poli, fiind simetric. Asemenea molecule sînt nepolare. Dacă însă atomii sînt diferiţi, atunci dubletul este atras mai mult de un nucleu decît de altul, norul electronic apare cu densitate mai mare în jurul nucleului care atrage mai mult. Deci de această parte va apare o uşoară sarcină negativă, pe cînd de partea celuilalt nucleu — o sarcină pozitivă. Legătura, în acest caz, capătă parţial un caracter ionic. Această forţă de atracţie a electronilor, în legăturile covalente, se numeşte electronegativitate. Oxigenul, azotul, clorul, carbonul au o puternică electronegativitate. Ea face ca molecula să devină polarizată, asemănîndu-se cu un fel de magnet, avînd cei doi poli, pozitiv şi negativ. Acest caracter devine o nouă sursă pentru noi legături chimice între molecule.

Legătura covalentă poate fi *dublă* sau *triplă*. În acest caz se formează nu un singur dublet ci două, trei, fiecare cuprinzînd cîte un electron „celibatar" de la fiecare din cei doi atomi implicați. Dar în acest caz, al valenței duble sau triple, numai un dublet formează o legătură rigidă care asigură soliditatea moleculei, în timp ce electronii din celelalte perechi devin electroni mobili, delocalizați, denumiți și *electroni* π. În timp ce primul dublet, de legătură, nu mai este în stare să contracteze alte legături, deci și-a pierdut reactivitatea, electronii delocalizați, din celelalte dublete, sînt mobili și deosebit de reactivi. Din cauza lor legăturile covalente duble reacționează ușor.

Formarea legăturilor chimice de orice fel este totdeauna legată de procese energetice, de schimbarea formelor de energie. Formarea legăturilor dintre doi atomi este însoțită în mod obișnuit de eliberarea de energie, deci atomii realizează un nivel energetic mai scăzut și, deci, o stabilitate mai mare. Din contră, ruperea legăturii necesită cheltuirea exact a aceleiași cantități de energie care a fost eliberată în formarea legăturii. Tăria unei legături chimice se exprimă prin cantitatea de energie eliberată la formarea legăturii.[1] Legăturile covalente sînt cele mai tari, deoarece energia liberă a lor este cea mai mare. De pildă, la formarea unei molecule din atomi liberi de H sau de O, energia liberă este cuprinsă între 50 și 110 kcal/mol. Vom vedea că alte tipuri de legături au energia liberă mult mai slabă, cuprinsă doar între 1 și 7 kcal/mol.

Substanțele organice fiind, în majoritate, alcătuite din metaloizi, legăturile covalente sînt caracteristice mai ales acestor substanțe și, deci și materiei vii. Importanța și semnificația acestui fapt se văd din compararea vitezelor reacțiilor chimice în cazul legăturilor ionice și a celor covalente. În cazul celor dintîi legături *(ionice)*, reacțiile sînt aproape instantanee. În cazul substanțelor organice (legături *covalente*), desfășurarea reacțiilor necesită adeseori timp considerabil, ceea ce prezintă o mare însemnătate biologică; devine posibilă organizarea în timp, deci o anumită succesiune a diferitelor procese, ca rezultat al corelației dintre vitezele diferitelor reacții. Este una dintre caracteristicile metabolismului. Acesta, deci și viața, nu ar putea avea loc dacă legăturile chimice ar fi doar ionice.

Legătura ionică. Se stabilește de obicei între un atom de metal și unul de metaloid și se datorește atracției electrostatice a două sarcini electrice opuse. De pildă, după cum s-a mai arătat, clorul are stratul *M* doar cu 7 electroni în loc de 8. Deci el tinde să capteze un electron spre a realiza starea de maximă stabilitate. Sodiul are pe stratul *M* 1 electron și tinde să-l cedeze spre a realiza aceeași stare. Starea de stabilitate electronică se realizează prin reacția dintre sodiu și clor: sodiul

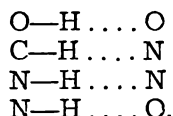
[1] Cantitatea de energie este măsurată în calorii (1 *calorie* este egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi un gram de apă de la 14,5°C la 15,5°C). Deoarece schimbările de energie în reacțiile chimice se calculează la mol (pe gram molecule, adică numărul de grame al unei substanțe este egal cu greutatea ei moleculară), obținînd valori de ordinul a miilor de calorii, aceste valori se exprimă prin kilocalorii/mol.

cedează electronul său clorului, deci se produce un *transfer de electron*. Dar, implicit, cei doi atomi, electric neutri înainte de reacţie, devin încărcaţi: sodiul devine ion pozitiv (Na^+), iar clorul ion negativ (Cl^-). Aceasta duce la apariţia unei puternice atracţii electrostatice între cei doi atomi. Într-un cristal de clorură de sodiu (Na^+Cl^-) nu există propriu-zis molecule de NaCl, ci o puternică atracţie reciprocă între Na^+ şi Cl^-.

Mecanismul legăturii ionice este tipic pentru reacţiile cu transfer de electroni, procese deosebit de importante pentru desfăşurarea metabolismului.

În comparaţie cu legătura covalentă, energia liberă a unei legături ionice este slabă, fiind cuprinsă între 3—7 kcal/mol. Este firesc deci că legăturile ionice intră în categoria legăturilor chimice slabe. Între legăturile covalente şi cele ionice nu se poate trasa o limită absolută. Din cauza puterii diferite de atracţie a electronilor comuni, de către nucleii atomilor (electronegativitatea diferită), orice legătură covalentă capătă, parţial, un caracter ionic, după cum orice legătură ionică devine, parţial, covalentă.

Legătura de hidrogen. Este, de asemenea, o legătură slabă. Ea se formează între un atom de hidrogen legat covalent cu un alt atom pe de o parte, iar pe de altă parte cu un atom cu o puternică electronegativitate. Legătura covalentă a hidrogenului de pildă cu O sau cu N are, după cum s-a mai spus, un puternic moment dipolar, deoarece norul electronic este asimetric, fiind mai puternic atras de elemente foarte electronegative ca O sau N. În felul acesta hidrogenul capătă o uşoară sarcină pozitivă, ceea ce duce la realizarea unei legături electrostatice (ionice) cu unele elemente electronegative (de cele mai multe ori tot atomi de O sau N). Astfel se pot forma legături (punţi) de hidrogen între diferite elemente sau grupări atomice, ca de pildă:


O—H....O
C—H....N
N—H....N
N—H....O.

Legătura de hidrogen este o legătură slabă pentru că energia ei liberă, ca şi a celei ionice, este cuprinsă între 3—7 kcal/mol. Legăturile de hidrogen au mare însemnătate în structura materiei vii. De pildă, în structura macromoleculelor de ADN, bazele azotoase ale unui lanţ sînt legate de bazele corespunzătoare ale celuilalt prin legături (punţi) de hidrogen.

Legătura Van der Waals. Apare ca rezultat al apropierii mari între molecule. Nu este specifică unor anumiţi atomi sau grupări (ca legătura de H), ci poate apare între orice fel de atomi, deoarece provine din atracţia electrostatică între nucleii unei molecule faţă de electronii alteia. Evident, forţele Van der Waals vor depinde de distanţa dintre atomi: la distanţe foarte mici, cînd norii electronici ai grupelor în interacţiune se întrepătrund, apar forţe Van der Waals de respingere. Există o anumită distanţă, caracteristică pentru fiecare atom (deoarece depinde de mărimea atomului), cînd forţele de respingere şi cele de atracţie se

echilibrează între ele. Această distanţă se numeşte *raza Van der Waals* a atomului. Prezentăm în continuare cîteva valori ale acestor raze:

H—1,2 Å
N—1,5 Å
O—1,4 Å
P—1,9 Å
S—1,88 Å
CH_3—2,0 Å

Atunci cînd distanţa dintre atomii în interacţiune este egală cu suma razelor Van der Waals, valoarea energiei de legătură creşte proporţional cu dimensiunile atomilor. Odată cu creşterea distanţei, valoarea forţei de atracţie Van der Waals descreşte foarte repede, ajungînd la 0. Energia liberă a legăturii Van der Waals este în medie de 1 kcal/mol, deci doar ceva mai mare decît energia cinetică de mişcare a moleculelor (0,6 kcal/mol). Din acest motiv forţele Van der Waals devin eficiente numai atunci cînd sînt în număr mare, cu alte cuvinte cînd interacţionează macromolecule. În acest caz, numărul mare de legături Van der Waals între atomii (sau grupări) macromoleculelor face ca atracţia între ele să devină considerabilă, depăşind tendinţa de desfacere a lor în urma mişcării termice.

Deoarece în realizarea acestui tip de legături atomii respectivi trebuie să fie la o anumită distanţă, apare evident că forma suprafeţelor de contact a moleculelor ce interacţionează capătă o importanţă deosebită: numai cînd suprafaţa unei molecule este complementară faţă de suprafaţa celeilalte, legăturile Van der Waals ce apar între ele pot deveni eficiente.

Însemnătatea forţelor Van der Waals rezultă limpede din faptul că macromoleculele organice reprezintă cele mai importante şi caracteristice structuri ale materiei vii.

1.1.4. UNELE ÎNSUŞIRI ALE ELEMENTELOR CHIMICE FUNDAMENTALE ÎN CONSTITUŢIA MATERIEI VII

Carbonul. Este elementul de bază în structura substanţelor organice şi, deci, a materiei vii. Poziţia lui în tabelul periodic al lui Mendeleev (perioada a 2-a), între elementele care cedează uşor electronii lor (metale şi H), şi cele ce le acceptă uşor (N, O), arată că tendinţele de cedare şi de acceptare de electroni sînt echilibrate.

Structura electronică a atomului de carbon este următoarea (fig. 2): 2 electroni formînd un dublet (o pereche) gravitează pe orbita *s* a stratului *K*. Pe stratul *L* sînt distribuiţi ceilalţi 4 electroni „celibatari", pe orbite avînd forme intermediare (de trecere) dintre *s* şi *p* (din această cauză poartă numele de orbite „hibride").

Oricare din aceste 4 orbite se poate întrepătrunde cu orbita unui electron de la un alt atom, legîndu-l de carbon. Aceasta îl face capabil să reacţioneze cu alte elemente atît prin cedare de electroni (forma oxidată, de pildă unirea cu O, care tinde să capteze electroni, sau cu N), cît şi

prin acceptare de electroni (forma redusă, de pildă unirea cu H, care pierde ușor electronul său).

Însușirea esențială a atomilor de C, care determină rolul lor de „schelet" al tuturor moleculelor organice, este capacitatea lor de a se uni între ei prin legături *simple* sau *duble*. Această capacitate a atomilor de carbon o regăsim în chimia minerală a carbonului, care cunoaște două tipuri de legături dintre atomii acestui element: legăturile din diamant și cele din grafit.

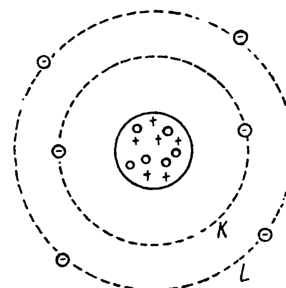


Fig. 2. Structura atomului de carbon; nucleul conține 6 protoni (+) și 6 neutroni (0). Pe stratul *K* există 2 electroni, iar pe stratul *L* – 4 electroni.

În diamant, fiecare atom de C este înconjurat în mod simetric de alți 4 atomi de carbon (fig. 3, *A*), cu care este legat prin legături covalente simple, nepolare, egale. Structura menționată dă soliditatea deosebită a diamantului și slaba lui reactivitate chimică.

Acest tip de legături îl regăsim în toate lanțurile alifatice (glucide, acizi grași, aminoacizi).

În grafit, fiecare atom de C este legat de alți 3 atomi: două legături covalente simple, a treia fiind dublă și, deci, foarte reactivă (fig. 3, *B*). Toate aceste legături sînt dispuse într-un singur plan, în care, prin urmare, atomii de C formează nuclee aromatice cu o legătură dublă. Fiecare strat molecular este legat de straturile vecine prin legături Van der Waals.

Cînd lanțurile sînt lungi (deci conțin mulți atomi), între ele apar forțe Van der Waals care țin moleculele unite între ele — pachete coordonate. Această particularitate care duce la o anumită coordonare în spațiu a moleculelor de acizi grași, polizaharide stă la baza structurii membranelor celulare, mitocondriale etc., avînd deci o mare însemnătate biologică (legată de însușirile și rolul fiziologic al membranelor).

Legăturile covalente pe care atomii de C le pot forma cu atomii de H, O, N, C, și trecerea de la forme (legături) mai puțin stabile la cele mai stabile, conferă carbonului un important rol energetic în materia vie. Explicația acestui rol este următoarea: reacțiile chimice se desfă-

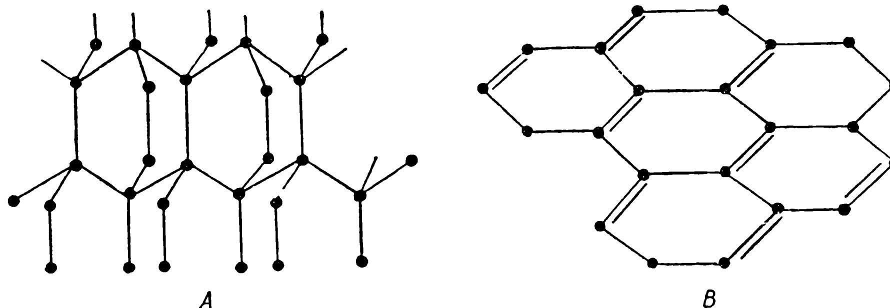


Fig. 3. Structura diamantului și a grafitului. În diamant (*A*) atomii sînt în zigzag, în spațiu, toate valențele sînt satisfăcute iar unghiurile toate sînt egale, avînd 109°28″. În grafit (*B*) atomii sînt într-un plan și numai 3 valențe sînt satisfăcute.

șoară de obicei în sensul creșterii stabilității moleculelor, deci în sensul nivelului energetic cît mai scăzut al lor. Atomii *liberi* de C, H, O, N au nivelul energetic cel mai ridicat și, deci, stabilitate minimă. Făcînd o comparație, îi putem imagina ca situați în vîrful unei pante abrupte, unde stabilitatea este minimă iar energia potențială maximă. Unirea C atomic cu H atomic duce la eliberarea a 99 kcal, deci se realizează un nivel enegetic mai scăzut și o stabilitate mai mare. Energia eliberată devine disponibilă pentru alte necesități ale vieții și, după cum vom vedea, poate fi acumulată în anumite grupări moleculare, conținînd P.

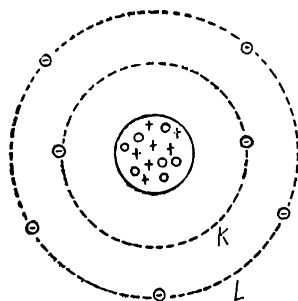


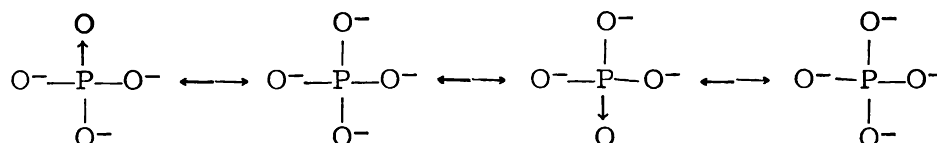
Fig. 4. Structura atomului de azot: nucleul conține 7 protoni (+) și 7 neutroni (0). Pe stratul *K* sînt 2 electroni, pe stratul *L* — 5 electroni.

Azotul. Structura electronică a acestui element este următoarea: el are 7 electroni dintre care doi (un dublet) pe orbita *s* a stratului *K*, 2 (dublet) pe orbita *s* a stratului *L* (fig. 4). Acești electroni fiind cuplați în dublete sînt foarte stabili și nu influențează valențele atomului; ceilalți trei electroni sînt „celibatari“, situați pe orbitele *p* ale stratului *L*. Orbitele lor, mai depărtate de nucleu, determină cele 3 valențe ale azotului, care permit realizarea legăturilor covalente cu alți atomi (fie de azot, fie de alte elemente). Sub formă de molecule formate prin covalență nepolară triplă are o mare stabilitate și o slabă reactivitate. Dar, în molecule organice și, deci, în materia vie, el are un rol deosebit de important. Azotul este electronegativ, mai mult decît carbonul dar mai puțin decît oxigenul. Din această cauză el captează ușor electronii hidrogenului, dar îi poate ceda ușor oxigenului. Din același motiv, legătura H cu C este mai slabă decît cu N, iar cu acesta mai slabă decît cu O. Din acestă cauză grupările azotate au rol important în procesele cu transfer de H, deci în procese energetice.

Radicalul $—NH_2$, din cauză că poate ceda un electron, are un caracter bazic, ceea ce face posibilă formarea legăturii peptidice, care stă la baza alcătuirii moleculelor proteice.

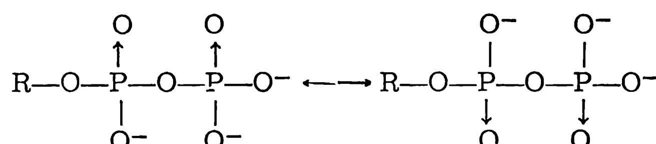
Fosforul. Are un important rol structural și, mai ales, energetic în materia vie. Sub forma de acid fosforic este componentul obligator al acizilor nucleici, apoi combinat cu proteine și lipide constituie fosfoproteine și fosfolipide. Un rol deosebit al fosforului este acela de acumulator și distribuitor de energie în materia vie. Acest rol se datorează structurii atomului de fosfor, care are pe stratul extern *M* 5 electroni, din care o pereche pe subnivelul *s* al stratului *M* și 3, neîmperecheați, pe subnivelul *p* al aceluiași strat. Din această cauză ionul PO_4^{---} are trei atomi de O legați covalent, iar al patrulea este fixat mai aproape de nucleul atomului de P, ceea ce face ca legătura lui să nu fie egală cu celelalte trei. Important este că această valență inegală se poate realiza

cu oricare din cei patru electroni de legătură ai fosforului, ceea ce face ca formula grupării PO_4^{---} să se poată scrie în patru forme mezomere:

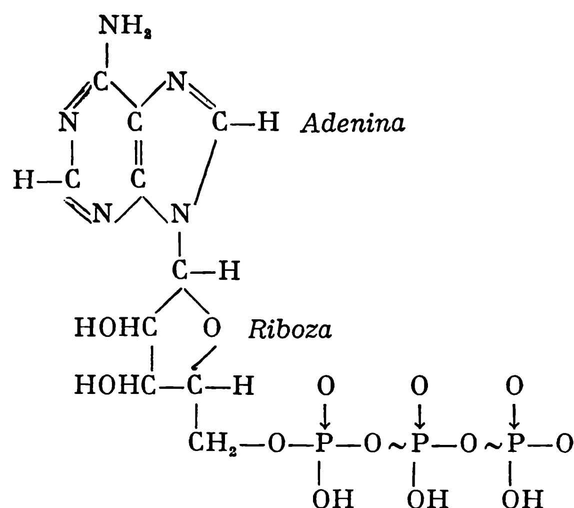


Este, deci, o moleculă în care o legătură nu poate fi localizată (fenomen denumit *rezonanță*) și o asemenea moleculă este foarte stabilă.

Într-un difosfat legat de un radical oarecare —R, două din valențele ionului intermediar fiind fixate, nu vor fi decît două forme mezomere posibile:



Evident că într-un trifosfat aceeași situație o vor avea cei doi ioni intermediari. În această stare, cu o parte din valențe fixate, stabilizarea prin fenomenul rezonanței devine mult mai mică, iar o parte însemnată a energiei electronilor de legătură devine disponibilă. Ca urmare, în difosfat apare o legătură labilă reactivă, bogată în energie, care este însemnată prin simbolul ~P. La trifosfat apar două asemenea legături ca, de pildă, la acidul adenozintrifosforic — acumulatorul principal de energie, universal pentru materia vie:



Acidul adenozintrifosforic (ATP).

Aceste legături conținînd o mare cantitate de energie se numesc *legături macroergice*. Prin hidroliza acestei legături se pune în libertate

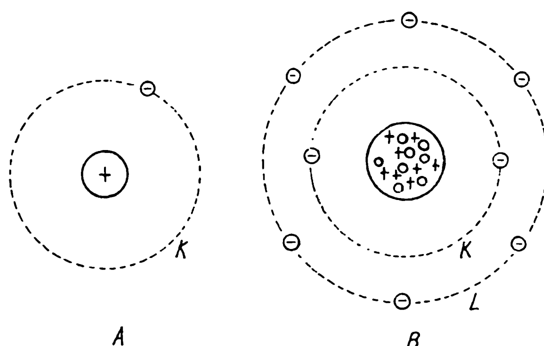


Fig. 5. Structura atomilor de hidrogen (*A*) și oxigen (*B*): nucleul hidrogenului conține un proton, iar pe stratul *K* gravitează un electron; nucleul oxigenului conține 8 protoni și 8 neutroni: pe stratul *K* gravitează 2 electroni iar pe stratul *L* – 6 electroni.

o mare cantitate de energie (9—10 kcal/mol). În anumite condiții, prin desfacerea legăturilor macroergice (deci prin trecerea de la trifosfat la difosfat și apoi la monofosfat), energia acestor legături este eliberată și poate fi utilizată în diferite procese metabolice. ATP este acumulatorul universal de energie, prezent în celulele tuturor viețuitoarelor.

Hidrogenul și oxigenul. Hidrogenul (fig. 5, *A*) are atomul cu cea mai simplă structură: un proton, în jurul căruia gravitează un singur electron pe substratul *s* al stratului *K*. Oxigenul (fig. 5, *B*) are 8 electroni: un dublet pe 1*s* și 6 electroni pe stratul *L* (în loc de 8 cît este maximum posibil): un dublet pe 2*s*, restul de 4 electroni sînt situați pe orbitele *p* ale stratului *L*. Cele 3 orbite *p* ale acestui strat se află în 3 planuri, perpendiculare unul pe altul, și sînt însemnate cu *px*, *py*, *pz*. Pe una din aceste orbite gravitează un dublet, iar pe celelalte două cîte un electron celibatar, determinînd valența dublă a oxigenului.

Hidrogenul formează legături covalente (cu un dublet electronic) cu O, C, N, P. Aceste legături au un caracter semiionic. După cum s-a arătat mai înainte, în legătura O—H dubletul formează un nor electronic asimetric, mai dens în dreptul atomului de oxigen. Gruparea capătă caracter polar. Acest dipol va putea atrage alți dipoli, mai ales cei ai moleculelor de apă și, în general, compuși avînd gruparea —OH. Din această cauză, precum și din cauza posibilității formării legăturilor de hidrogen, compușii avînd gruparea —OH pot fi solubili în apă. Din aceeași cauză, diferite macromolecule, ca de pildă cele proteice, avînd dipoli în componența lor, se vor putea uni între ele, vor acționa asupra altor molecule în sensul orientării lor spațiale specifice și vor fi sensibile la concentrarea sarcinilor electrice în mediu.

Grupările hidrogenului cu oxigenul sau cu carbonul și transformarea unora în altele au un important rol energetic în materia vie.

Astfel, trecerea de la starea de atomi liberi ai C și H (nivel energetic ridicat și maximă instabilitate) la gruparea C—H (stabilitate crescută și, deci, nivel energetic mai scăzut) duce la eliberarea a 99 kcal/mol. Tendința de stabilitate este realizată și mai complet în gruparea H—O, a cărei formare duce la eliberarea a 111 kcal/mol. Cu alte cuvinte, H are o mai mare afinitate față de O decît față de C.

Transformarea grupării C—H în O—H este cea mai importantă sursă a energiei din materia vie. Aceste transformări se produc în procesul respirației, în care legăturile inițiale, de exemplu dintr-o moleculă de glucoză: C—H, C—OH, C—C, care conțin o mai mare cantitate de energie liberă, se transformă pînă la sfîrșit în CO_2 și H_2O, care conțin

mai puţină energie liberă. Energia astfel eliberată în procesul respiraţiei nu poate fi utilizată direct în procesele fiziologice ale organismului (de pildă, contracţia musculară, transportul moleculelor prin membrană etc.), ci ea trebuie mai întîi acumulată, depozitată într-o formă accesibilă şi utilizabilă în locul şi la momentul necesar. Acest rol îl au legăturile macroergice, mai ales din ATP.

1.1.5. MACROMOLECULELE ŞI ÎNSUŞIRILE LOR CU SEMNIFICAŢIE BIOLOGICĂ

Marea majoritate a substanţelor organice esenţiale în structura şi funcţionarea materiei vii — glucide, lipide, substanţe proteice, acizi nucleici — sînt substanţe macromoleculare, mai mult, adesea ele formează în materia vie agregate de macromolecule. Acest fapt arată că procesele metabolice esenţiale ale vieţii sînt indisolubil legate de prezenţa macromoleculelor organice, cu alte cuvinte aceste structuri condiţionează însăşi existenţa vieţii. Legătura dintre trăsăturile caracteristice ale materiei vii şi macromolecule arată că la nivelul substanţelor macromoleculare apar nişte însuşiri calitativ diferite de cele existente la moleculele mici, şi care pregătesc, fac posibilă trecerea de la materia nevie la aceea cu însuşiri biologice, la viaţă.

Care sînt aceste însuşiri ale macromoleculelor, semnificative din punct de vedere biologic?

În comparaţie cu moleculele mici, la macromolecule apare o deosebire esenţială, şi anume, moleculele mici, formate prin saturarea mutuală a valenţelor atomilor componenţi, au o structură precisă şi rigidă, în sensul că lungimea şi unghiul (direcţia) valenţelor lor sînt fixe şi nu se schimbă. Macromoleculele sînt structurate pe alte principii. În componenţa lor intră un mare număr, de multe ori nedefinit precis, de molecule mici *(monomeri)*. Cînd monomerii sînt toţi la fel, macromolecula este un *polimer;* cînd aceştia sînt diferiţi, este un *pseudopolimer*. În timp ce legăturile duble fixează rigid poziţia reciprocă a atomilor, legăturile simple din aceste molecule permit un anumit grad de libertate, de schimbare: atomii sau grupurile respective se pot roti în jurul axei legăturii simple. Evident, aceasta duce la schimbarea formei întregii molecule, schimbare care se produce permanent chiar la temperatura obişnuită. Apariţia legăturilor transversale între părţile moleculei poate fixa forma părţilor respective.

Adesea formula chimică a acestor structuri este neprecisă, încît poate fi definită doar statistic. Astfel, de pildă, celuloza (polizaharid) este alcătuită din sute de molecule de celobioză care, la rîndul ei, este formată din două molecule de glucoză. Formula generală a celulozei este neprecisă: $(C_6H_{10}O_5)n$, în care n este un număr nedefinit. Prin urmare, organizarea macromoleculei este diferită de cea a moleculelor mici, neputîndu-i-se atribui noţiunea clasică de moleculă. Această organizare deschide căi practic nelimitate de diversificare a substanţelor macromoleculare, diversificare ce creşte considerabil cînd trecem de la polimeri (cum este celuloza) la pseudopolimeri, unde moleculele componente pot fi diferite ca, de exemplu, în substanţele proteice sau în acizii nucleici. Diversitatea practic nelimitată a macromoleculelor organice re-

prezintă o premisă necesară a diversității la fel de mari în desfășurarea proceselor și căilor metabolice.

Diversitatea macromoleculelor se realizează pe mai multe căi:

— numărul diferit al monomerilor;
— secvența (ordinea) diferită și legături diferite ale monomerilor;
— proporții diferite ale monomerilor din macromoleculă;
— diferite feluri de împachetări ale lanțului de monomeri (configurația spațială a macromoleculei);
— agregarea macromoleculelor de același fel sau de feluri diferite.

Pentru a ne da seama de uriașa diversitate ce se poate realiza doar pe trei din căile amintite (2—4), dăm următorul exemplu: presupunînd că o macromoleculă proteică are greutatea moleculară numai de 34 000 (la proteine această cifră se poate ridica la mai multe milioane) și că în ea intră 188 resturi de aminoacizi diferiți (din cei 24 cunoscuți), o asemenea macromoleculă poate da un număr inimaginabil de mare (10^{300}) de izomeri. (Pentru comparație putem arăta că numărul atomilor ce alcătuiesc planeta noastră este de ordinul 10^{50}.) Trebuie subliniat că o asemenea moleculă este departe de a fi cea mai complexă.

Organizarea macromoleculelor face ca ele să aibă comportarea chimică și fizică diferite de cele ale micromoleculelor. De pildă, un polimer tipic cum este polistirenul [polimerizarea moleculelor de stiren (vinilbenzen)] este insolubil în benzen, spre deosebire de monomerii săi pentru care benzenul este un solvent tipic. Același lucru se poate spune despre multe polizaharide: în timp ce monozaharidul din care sînt compuse este solubil în apă, macromolecula nu este solubilă. Între altele, importanța acestei transformări a cantității în calitate constă în faptul că o serie întreagă de substanțe se înmagazinează în celule sub forma de polimeri; ei nu se dizolvă și chiar dacă trec în soluție efectele lor osmotice sînt foarte slabe și nu provoacă hipertonii.

Pseudopolimerii avînd o structură complexă, în diferite porțiuni ale macromoleculei, prin diferite verigi ale sale, pot avea loc reacții diferite cu substanțele înconjurătoare, comportîndu-se pe porțiuni, ca acid sau ca bază, deși ca întreg macromolecula poate fi neutră.

Macromoleculele proteice pot reacționa cu numeroase substanțe organice sau anorganice. Fiecare nouă combinație aduce noi însușiri moleculei, deși însușirile esențiale ale proteinei rămîn aceleași.

Sub influența diferiților factori externi, chimici sau fizici, macromolecula își poate schimba ușor configurația spațială, dat fiind că aceasta este asigurată mai ales prin legături slabe (de exemplu, legături de H). O asemenea schimbare duce la modificarea unor însușiri ale macromoleculei, deși însușirile ei de bază și structura fundamentală rămîn aceleași.

Importanța configurației spațiale poate fi ilustrată, de pildă, prin compararea macromoleculelor de celuloză, amidon, glicogen. Monomerul la toți acești polizaharizi este D-glucoza, iar formula generală a lor este aceeași $(C_6H_{10}O_5)n$. Cele trei grupuri de substanțe se deosebesc însă prin organizarea macromoleculelor care le conferă însușiri și, de aici, funcții diferite.

Celuloza are gradul de polimerizare 3 000—12 000 (valoarea lui *n*): macromolecula este filiformă, liniară (deși uneori poate fi încolăcită, fiind

relativ lungă, cam de 1,5 µ—6 µ, dar foarte subţire, avînd grosimea de numai 0,7 mµ), neramificată. Celuloza este insolubilă în apă, rezistentă la agenţi chimici, rezistentă mecanic şi, de aceea, ea formează ţesutul scheletic al multor plante. Foarte puţine organisme (unele bacterii) o pot utiliza ca aliment.

Amidonul este alcătuit din doi componenţi macromoleculari cu aceeaşi formulă generală dar deosebiţi prin configuraţia moleculei: amiloza (fig. 6, *A*) (circa 20%), cu macromolecula neramificată şi răsucită în spirală, cu $n=250—300$ şi amilopectina (fig. 6, *B*) (circa 80%), cu molecula puternic ramificată, cu n putînd depăşi 1 000. Se ştie că, spre deosebire de glucoză, amidonul reprezintă cea mai răspîndită rezervă nutritivă a plantelor, fiind uşor metabolizabil.

Glicogenul sau „amidonul animal" are $n=2\,400—30\,000$, iar configuraţia spaţială a macromoleculei se apropie de aceea a amilopectinei, fiind însă ramificată şi mai puternic şi avînd molecula mai mare (fig. 6, *C*). Glicogenul constituie o importantă rezervă energetică a animalelor, depozitîndu-se mai ales în ficat şi în muşchi. Este uşor metabolizabil.

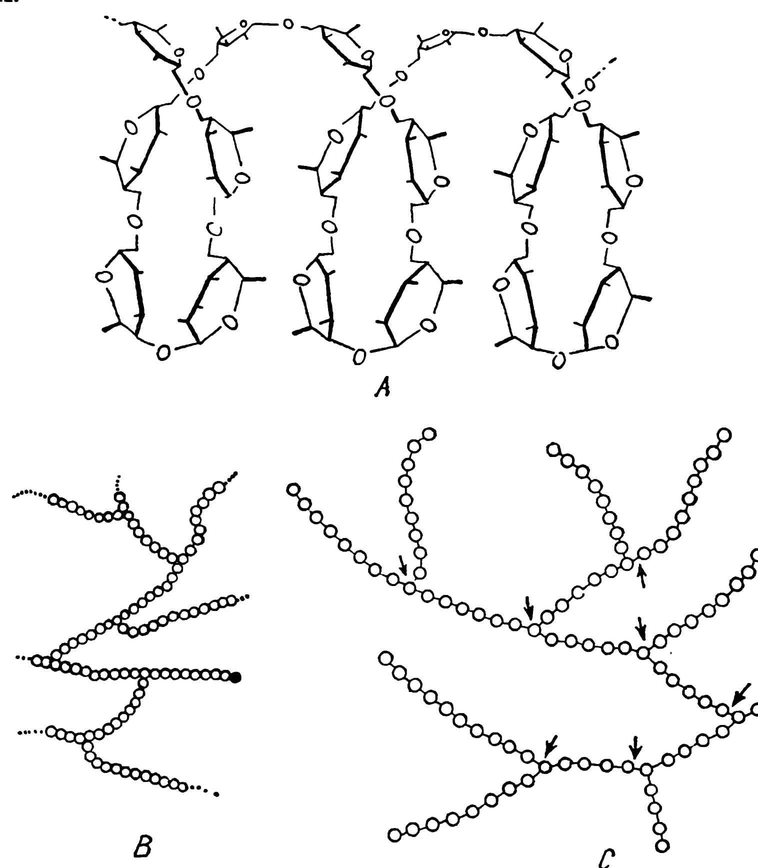


Fig. 6. Schema structurii unor polizaharide: *A* — amiloză; *B* — amilopectina; *C* — glicogen.

De remarcat că fiecare din aceste trei substanțe — celuloza, amidonul, glicogenul — reprezintă în realitate o întreagă categorie de compuși, deoarece, în funcție de proveniența macromoleculei (după specie de plantă sau animal), au macromolecule diferite ca mărime, formă și alte însușiri.

O altă trăsătură importantă a macromoleculelor constă în faptul că adesea dintr-o macromoleculă poate fi scos un număr destul de mare de monomeri, fără ca însușirile esențiale ale substanței să se modifice. Aceasta se aplică nu numai unor polimeri cum este cauciucul natural, celuloza etc. dar și unor pseudopolimeri tipici ca proteinele și chiar enzimele cu funcțiile lor atît de importante în organism.

La însușirile amintite mai trebuie adăugată una deosebit de importantă, cu profundă semnificație biologică: multe categorii de macromolecule au capacitatea de agregare, determinînd apariția a diferite structuri mai mult sau mai puțin ordonate, cu funcții foarte importante. De pildă, moleculele fibrilare ale celulozei se pot agrega, formînd adevărate structuri cristaline care intră în compoziția lemnului, în alcătuirea pereților celulari ai plantelor și care, în ansamblul lor, dau fibrele vegetale. Agregări de macromolecule ale amidonului formează rezervele nutritive ale plantelor și alcătuiesc structuri diferite — granule cu forme, mărimi și ordonări variate și caracteristice. Macromoleculele unor substanțe proteice, prin gruparea lor, alcătuiesc diferite structuri ordonate, ca fibrile și fibre musculare, mușchi, nervi etc.

De fapt, apare un fel de creștere în care un anumit grad de agregare (o anumită cantitate de componenți) duce la apariția de noi calități cu anumite însușiri și funcții biologice. Agregările macromoleculelor se datorează forțelor Van der Waals care apar între ele.

Din cele spuse rezultă că, datorită structurii particulare, la macromoleculele organice apar însușiri contradictorii: pe de o parte o mare *stabilitate* a însușirilor fundamentale ale fiecărei categorii, deși în alcătuirea macromoleculei pot interveni multe modificări; pe de altă parte, o mare *labilitate* a însușirilor, datorită ușurinței cu care se poate schimba configurația moleculei în urma legăturilor chimice slabe care o mențin.

Multe macromolecule sînt sensibile la variațiile diferiților factori ai mediului, modificîndu-și unele trăsături structurale și funcționale. Schimbarea activității enzimelor sub intfluența condițiilor de mediu ilustrează aceasta.

Îmbinarea stabilității și a labilității în macromolecule reprezintă, la nivel molecular, apariția unor însușiri care devin caracteristice pentru noua formă de mișcare a materiei — mișcarea biologică.

Trebuie menționat că și substanțele macromoleculare din categorii diferite pot forma complexe macromoleculare. Mai ales proteinele formează asemenea complexe cu numeroase alte macromolecule organice. Probabil, tocmai ca o funcție a unor asemenea complexe ca, de exemplu, nucleoproteice apar alte însușiri esențiale, ca autoreproducerea și capacitatea de sinteză biologică.

Macromoleculele nu numai că sînt supuse unor influențe ale mediului, suferind diferite modificări, dar la rîndul lor exercită o importantă acțiune asupra mediului. Avînd o structură complexă a suprafețelor, forțele care se dezvoltă pe aceste suprafețe pot determina concentrarea pe

ele a diferitelor molecule, pot determina apropierea lor spațială și, scăzînd energia necesară producerii reacțiilor, să orienteze sensul și viteza reacțiilor. Suprafața macromoleculei poate deveni un factor activ al transmiterii către mediu a informației cuprinse în structura sa. Înregistrarea și transmiterea informației genetice apare ca o funcție a macromoleculelor.

1.1.6. ÎNSUȘIRI BIOLOGICE ALE PRINCIPALELOR SUBSTANȚE ORGANICE

Înainte de a examina grupele principale de substanțe organice, în tabelele 3 și 4 redăm componența și proporțiile, în cifre relative și absolute, a celor mai importanți compuși organici ai materiei vii.

Faptul că procesele metabolice se desfășoară în mod orientat, cu o anumită finalitate, al cărei rezultat este supraviețuirea, creșterea și înmulțirea celulei, arată că substanțele componente ale celulei, deci sub-

Tabelul 3

Compoziția moleculară a unei celule (celula bacteriană)

Apa reprezintă circa 70% din greutate			
Greutatea substanței uscate $6,7 \cdot 10^{-13}$ g, din care:			
Specificație	% din greutatea uscată	Număr de molecule:	
		relativ	total
ADN	5	1	$2,1 \cdot 10^4$
ARN	10	2	$4,2 \cdot 10^4$
Proteine	70	220	$4,7 \cdot 10^6$
Lipide	6	1 200	$2,5 \cdot 10^7$
Fosfolipide	4	800	$1,6 \cdot 10^7$
Polizaharide	5	50	$1,0 \cdot 10^6$

Tabelul 4

Compoziția chimică medie a protoplasmei

Substanța	% din greutate	Greutatea moleculară	Nr. moleculelor pe 1 mol. de ADN
Apa	85	18	$1,2 \times 10^7$
Proteine	10	36 000	$7,0 \times 10^2$
ADN	0,4	10^6	1,0
ARN	0,7	$4,0 \times 10^4$	$4,4 \times 10^1$
Lipide	2	700	$7,0 \times 10^3$
Alte substanțe organice	0,4	250	$4,0 \times 10^3$
Substanțe anorganice	1,5	55	$6,8 \times 10^4$

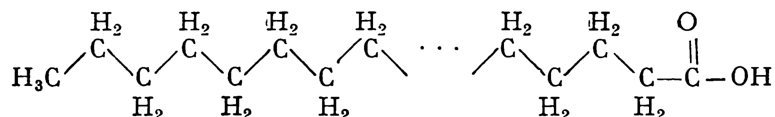
stratul material al acestor procese, nu sînt amestecate în mod haotic. Într-adevăr, în celulă există o anumită organizare a acestor substanțe — rezultat al structurii și al corelațiilor funcționale dintre ele. Cunoașterea acestei organizări impune, așadar, examinarea prealabilă a însușirilor esențiale ale principalilor componenți ai celulei.

Lipide. Sub această denumire sînt reunite substanțe diferite ca structură și funcțiuni biologice, dar care au ca trăsături comune faptul că sînt solubile în solvenți organici (eter, cloroform, benzol etc.).

Din punct de vedere al structurii și al funcțiilor biologice, lipidele se împart în *grăsimi* propriu-zise și *lipoide*.

Grăsimile propriu-zise, din punct de vedere chimic, sînt esteri ai acizilor grași, cu glicerol. Majoritatea acizilor grași este alcătuită din lanțuri de carbon, neramificate. Valențele libere ale atomilor de carbon din lanț sînt ocupate de atomi de H și numai la un capăt este legat (atomul α) grupul carboxil, cu funcția acidă.

Formula generală a unui acid gras se poate reda astfel:



În felul acesta grăsimile apar ca fiind cei mai hidrogenați compuși ai carbonului și, deci, capabile să furnizeze cea mai mare cantitate de energie prin transformarea legăturilor C—H în legături C—O, adică prin pierderea hidrogenului și înlocuirea lui prin O (în final, transformarea în CO_2 și H_2O). Prin urmare, această structură chimică a grăsimilor determină principala lor funcție biologică: rezerva de energie, de combustibil, a organismului.

Prin capătul lor cu funcție acidă, acizii grași se pot uni cu moleculele de apă. Aceasta pentru că gruparea carboxilică este puternic polară. Întreaga moleculă de acid are un nor electronic comun, molecular. Acest nor este polarizat din cauza grupului carboxilic. Cu cît molecula va fi mai mare, polarizarea va fi mai puternică. Această însușire face ca în jurul picăturilor de apă (spații hidrice) moleculele de acizi grași să se așeze orientat, cu gruparea carboxilică spre apă, formînd un strat de molecule. Lanțurile de carbon, la rîndul lor, se atrag între ele. Acest strat de molecule orientate izolează spațiile hidrice, formînd *membrane*.

Din grupul *lipoidelor* fac parte, între altele, *sterolii*, în care lanțurile de carbon se închid, formînd cicluri (nuclei steranici). Nucleii sînt foarte rezistenți. Ei pot fi construiți în celulă dar nu și distruși. Din această cauză nu au rol de combustibil ci îndeplinesc alte funcții, dintre care una din cele mai importante constă în participarea lor la alcătuirea *membranelor biologice*, putîndu-se lega cu acizi grași insolubili în apă și cu molecule proteice solubile în apă. Aceste membrane, delimitînd spații hidrice în celulă, au un important rol fiziologic, determinînd tranzitul diferitelor substanțe în și din spații hidrice, determinînd structura unor constituenți celulari.

Structura nucleului steranic îi conferă însușiri hormonale. De aceea îl găsim în componența hormonilor suprarenali, hormonilor sexuali, a provitaminelor și vitaminelor din grupul D.

Tot din grupul lipoidelor fac parte și *carotenoizii* — precursori ai vitaminelor A și E.

Glucide (hidrați de carbon). Conțin în molecula lor atomi de C, H, O. Hidrogenul și oxigenul sînt în proporția din apă (de aici denumirea de *hidrați de carbon*). Deci glucidele sînt mai oxigenate decît grăsimile și, ca atare, au mai puțină energie liberabilă. Într-adevăr, în timp ce un gram de glucide, oxidat complet, eliberează 4,2 Kcal, un gram de grăsime — 9,3 Kcal.

Conținînd în structura lor radicali —OH, glucidele sînt solubile în apă.

Funcția lor principală este cea de combustibil ușor mobilizabil, de rezervă energetică. Unele dintre glucidele macromoleculare pot avea și funcții mecanice.

Molecule de glucide pot intra în componența unor substanțe proteice, a acizilor nucleici și a unor lipoizi. După numărul monomerilor din care se compun, pot fi *monozaharide* (glucoza, galactoza, manoza, fructoza), *oligozaharide*, avînd 2—6 monomeri (maltoza, celobioza, lactoza, zaharoza) și *polizaharide* (amidonul, glicogenul, celuloza).

Amidonul și omologul său animal (glicogenul) formează rezerve de glucide energetice.

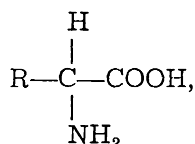
Celuloza, deși are macromolecula formată din molecule de glucoză ca monomeri, deci ca și macromoleculele de amidon, este greu asimilabilă, nu constituie rezerva energetică ci intră în alcătuirea structurilor vegetale de rezistență, fiind rezistentă mecanic și chimic. Deosebirea față de amidon se datorează structurii diferite a macromoleculelor.

Eliberarea energiei se face treptat, prin transformări de grupări chimice, după cum s-a amintit mai înainte.

Proteine. Toți derivații azotați organici sînt cuprinși în grupul de substanțe denumite *protide*. Sub numele de *proteine* se înțeleg doar substanțe azotate alcătuite fie numai din lanțuri de aminoacizi (*holoproteine*), fie din asemenea lanțuri combinate cu alți compuși (*heteroproteine*).

Proteinele reprezintă cel mai important grup de substanțe organice în structura și funcționarea organismelor vii. Ele sînt alcătuite din aminoacizi, monomerii lanțurilor polipeptidice. Dar, în mod obișnuit, în componența unui lanț polipeptidic intră aminoacizi diferiți, ceea ce constituie o importantă deosebire față de lanțul monomerilor, de pildă, dintr-un polizaharid (format din molecule numai de glucoză). Importanța acestei deosebiri constă, între altele, în aceea că ea deschide posibilități practic nelimitate de diversificare a proteinelor și, deci, a însușirilor lor.

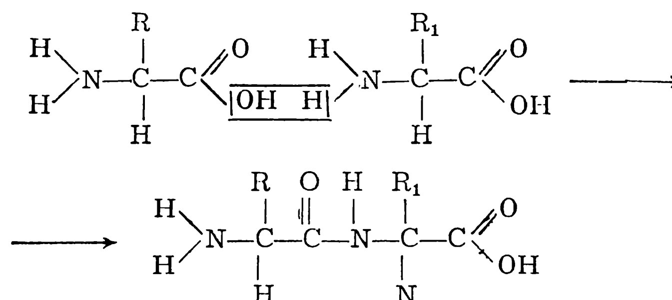
Formula generală a unui aminoacid este:



în care *R* diferă de la aminoacid la aminoacid. Caracteristica generală a aminoacizilor este prezența a două grupări funcționale — gruparea —COOH cu funcție acidă și gruparea $—NH_2$ cu funcție bazică. Din

această cauză, aminoacizii au însuşiri atît de acizi cît şi de baze, ceea ce explică şi o serie de însuşiri ale substanţelor proteice.

Se cunosc 24 de aminoacizi din care 20 intră în mod obişnuit în componenţa diferitelor substanţe proteice. Lanţurile polipeptidice se formează prin legături peptidice dintre monomeri, care se stabilesc între carboxilul unui aminoacid şi grupul amino al celuilalt, cu eliminarea unei molecule de apă. În felul acesta se pot uni sute şi mii de molecule de aminoacizi, dînd macromolecule proteice a căror greutate moleculară este cuprinsă între 17 000 şi mai multe milioane.



Grupările chimice ale polipeptidelor, ca şi ale aminoacizilor, determină caracterul lor hidrofil şi solubilitatea lor în apă. Moleculele de apă (dipoli) sînt atrase la suprafaţa moleculelor proteice şi, din aceeaşi cauză, lanţurile polipeptidice se pot atrage între ele. Între lanţuri diferite se stabilesc şi legături de hidrogen (de pildă între grupările —NH şi —CO).

Ordinea (secvenţa) aminoacizilor într-un lanţ polipeptidic reprezintă *structura primară* a proteinei. Ea conferă moleculei o serie de însuşiri funcţionale. Dar de cele mai multe ori, în cadrul aceleiaşi macromolecule se stabilesc diferite feluri de legături slabe. Astfel, dacă diferite grupări ionice pozitive sau negative sînt destul de apropiate (2—3 Å) între ele se stabilesc legături ionice; între atomi cu electronegativitate puternică (C, N sau O) se stabilesc legături (punţi) de H; între catene laterale *nepolare* se stabilesc legături datorate forţelor de respingere a fazei disperse (apa); tot între catene laterale dar *polare* apar legături Van der Waals. Rezultatul acţiunii tuturor acestor forţe este apariţia structurii secundare şi terţiare a macromoleculei proteice. Astfel, *structura secundară* constă în rularea lanţului polipeptidic în formă de spirală (α helix), în care resturile de aminoacizi sînt dispuse cu o anumită regularitate: 3,6 resturi la un tur de helix, deci 18 resturi la 5 ture. Structura secundară poate căpăta şi alte forme. Spirala adesea se poate rula asupra ei însăşi, molecula împachetîndu-se sub diferite forme în *structura terţiară*, menţinută şi ea prin legături între părţile macromoleculei. Astfel, de pildă, în proteinele din lînă α spirala se rulează la rîndul ei într-o spirală de ordinul doi; în colagen α spirala unei molecule se rulează în jurul altei molecule; în mioglobină α spirala se împachetează mai strîns formînd o macromoleculă aproape sferică, cu o mare solubilitate, deoarece grupările hidrofile rămîn la suprafaţa ei.

Evident că aceste structuri au importante consecinţe privind însuşirile macromoleculelor proteice. Astfel, o parte din componentele macro-

moleculei sînt blocate, altele rămîn la exterior determinînd capacitățile de reacție a moleculelor. Apoi aceste structuri determină o anumită formă spațială a macromoleculei, o anumită structură a suprafeței ei, ceea ce este deosebit de important în desfășurarea relațiilor moleculei cu mediul în care se află. Datorită diferitelor grupări, molecula proteică este purtătoare de sarcini electrice. Aminoacizii, avînd cîte o grupare $—NH_2$ și $—COOH$, au aceste grupări blocate în legături peptidice. Dar la acizii bicarboxilici (aspartic, glutamic) sau bibazici (lizina, arginina), un carboxil sau, respectiv, un grup amino rămîn liberi. Acești carboxili se pot disocia în $—COO^- + H^+$, astfel încît din pozitiv la început să devină ion negativ, iar gruparea bazică cîștigînd un hidrogen devine pozitivă: $—NH_2 + H^+$.

Aceste grupări generatoare de ioni, ca și grupările terminale ale moleculei, contribuie la comportamentul amfoteric al moleculei și la stabilirea sarcinilor ei electrice. Sarcina ei totală este rezultanta tuturor acestor sarcini parțiale. Disocierea grupelor bazice sau acide determină concentrații diferite ale ionilor de hidrogen. Din această cauză *p*H-ul va avea o influență importantă asupra sarcinii electrice totale a moleculei. La un *p*H scăzut (mediu acid) aminogrupările vor reacționa ca baze, captînd hidrogenul, iar în mediul alcalin se vor disocia carboxilii, molecula comportîndu-se ca un acid.

Pentru orice moleculă proteică există un *p*H la care suma sarcinilor + și — este zero. Este *punctul izoelectric* al moleculei. La un *p*H mai mic, într-un cîmp electric molecula va migra spre catod, iar la un *p*H mai mare va migra spre anod. Această migrare poartă numele de *electroforeză*. La punctul izoelectric o serie de însușiri — ca viscozitatea, solubilitatea, hidratarea, presiunea osmotică — au valoare minimă.

Din examinarea structurii macromoleculelor proteice se pare că ordinea (secvența) aminoacizilor nu determină totalitatea însușirilor macromoleculei și că o serie întreagă de proprietăți ale ei sînt determinate de structurile secundare și terțiare. Trebuie spus că aceste din urmă structuri (secundară și terțiară), fiind menținute mai ales prin legături slabe, sînt foarte sensibile la influența factorilor mediului (t°, *p*H, prezența diferiților electroliți etc.).

Cu această concluzie este de acord doar o parte din biologi și biochimiști. Alții susțin că structura primară (deci secvența aminoacizilor) este cea care determină atît structura secundară cît și terțiară și, ca atare, *toate* însușirile macromoleculei proteice. Această divergență de păreri are o importanță principială. Admițînd a doua ipoteză, implicit se recunoaște că *toată* informația furnizată de moleculele proteice (deci activitatea lor metabolică) provine de la ADN, care determină structura lor primară. Prima ipoteză, din contră, admite că doar o parte a acestei informații provine de la ADN, altă parte fiind determinată de alți factori care pot influența structura secundară și terțiară a macromoleculei.

În jurul macromoleculei se creează o zonă de electroni comuni, un nor electronic al moleculei, cu rol deosebit de important în funcția enzimatică pe care o au multe proteine. S-ar produce un transfer de electroni între catalizator (enzima) și substrat, producînd legături chimice prin transfer de sarcini. Într-adevăr, structura terțiară, determi-

nînd configurația spațială a macromoleculei, ar determina și acțiunea specifică enzimatică. Evident, cauzele care vor determina această structură (ADN sau alți factori, sau ADN și alți factori) vor fi acelea care vor determina și sensul proceselor metabolice.

Holoproteinele. Proteinele a căror moleculă este formată numai din aminoacizi au fost denumite holoproteine. Printre acestea amintim *histonele,* cu molecula relativ mică, avînd un număr nu prea mare de monomeri (molecule de aminoacizi); *globulinele,* răspîndite în unele celule animale (de exemplu, miozina), sînt insolubile sau puțin solubile în apă; *albuminele* reprezintă componenții principali ai protoplasmei, foarte răspîndiți în celulele animale (de exemplu, ovalbumina, sarcinalbumina etc.) și sînt solubile în apă distilată.

Heteroproteinele (sau *proteine conjugate*) sînt alcătuite dintr-o proteină și dintr-o grupare neproteică *(grupare prostetică).* Gruparea prostetică poate fi reprezentată, de pildă, prin acizi nucleici, glucide, pigmenți sau lipide. În funcție de natura grupării prostetice heteroproteinele se împart în *nucleoproteine, glicoproteine, cromoproteine* etc. Partea prostetică mai poate fi reprezentată și printr-un metal, în care caz este vorba de *metaloproteine.* Gruparea prostetică face ca heteroproteina respectivă să dobîndească însușiri noi, adesea de importanță biologică esențială.

Din punct de vedere al problemelor biologiei generale, al înțelegerii mecanismelor moleculare ce stau la baza procesului evoluției, de o deosebită importanță sînt nucleoproteinele și enzimele.

— *Nucleoproteinele* au în alcătuirea lor proteine simple (protamine, histone), cu greutate moleculară mică și acizi nucleici. Relațiile dintre acești doi componenți și rolul precis al componentei proteice nu sînt încă bine cunoscute. În schimb, acizii nucleici și rolul lor sînt studiate destul de temeinic. Ei au rol esențial în acumularea și transmiterea informației genetice, ca atare un rol de prim ordin în fenomenele eredității și variabilității, care stau la baza procesului evoluției.

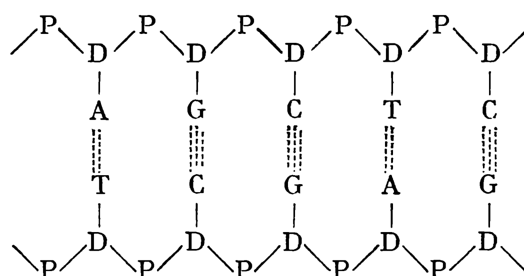
Acizii nucleici sînt de două feluri: *dezoxiribonucleici* (ADN) și *ribonucleici* (ARN).

Acizii nucleici sînt compuși macromoleculari. Monomerii din care sînt alcătuiți poartă numele de *nucleotide.* O nucleotidă este la rîndul ei formată din acid fosforic, un glucid (o pentoză) și o bază ciclică azotată (pirimidinică sau purinică). Nucleotidele sînt legate între ele formînd lanțuri polinucleotidice. Deosebirea dintre ADN și ARN, în privința compoziției nucleotidelor, este următoarea:

Acid nucleic	Nucleotide			
	Acid fosforic	Glucid	Baze pirimidinice	Baze purinice
A D N	acid fosforic	dezoxiriboza	citozina timina	guanina adenina
A R N	acid fosforic	riboza	citozina uracil	guanina adenina

Într-o nucleotidă, acidul fosforic este legat printr-una din cele trei funcții acide cu o funcție alcool a pentozei. Baza azotată, la rîndul ei, este legată tot de riboză (gruparea baza azotată+pentoză poartă numele de *nucleozid*). În lanțul polinucleotidic acidul fosforic leagă nucleotidele între ele, avînd deci două grupări acide legate de cele două pentoze ale nucleotidelor învecinate. O funcție acidă a acidului fosforic, rămînînd neesterificată (liberă), conferă caracterul acid lanțului polinucleotidic. Din aceeași cauză, fiecare nucleotidă are caracter acid și, după numele bazei azotate, capătă denumirea respectivă; în cazul nucleotidelor cu riboză: acizi uridilic, citidilic, adenilic, guanilic; în cazul nucleotidelor cu dezoxiriboză: acizi dezoxicitidilic, dezoxitimidilic, dezoxiadenilic, dezoxiguanilic.

ADN este alcătuit din două lanțuri polinucleotidice paralele legate între ele prin bazele azotate unite prin punți de hidrogen. Totdeauna o bază pirimidinică dintr-un lanț este legată cu una purinică din lanțul paralel, și anume timina cu adenina și citozina cu guanina, astfel încît succesiunea bazelor dintr-un lanț determină, în mod necesar, succesiunea bazelor din lanțul paralel. Schematic, această structură prezintă, deci, următoarea înfățișare:



în care *P* este acidul fosforic, *D* — dezoxiriboza, *A, G, C, T* — inițialele numelui bazelor, iar ......— legăturile de hidrogen.

Lanțul polinucleotidic dublu este răsucit în spirală, legăturile de hidrogen ocupînd zona axială a spiralei.

Caracterul complementar al celor două lanțuri a sugerat ideea că un lanț polionucleotidic servește drept matriță (tipar) pe care se formează al doilea lanț. Această imagine a permis înțelegerea corectă a modului cum se efectuează *replicarea* genei. Procesul replicării începe prin desfacerea (ruperea) legăturilor de hidrogen dintre lanțuri. Aceasta începe de la un capăt al lanțului și, treptat, se extinde în lungul lui. În acest fel cele două jumătăți ale macromoleculei se despart. Pe măsură ce această desfacere se întinde, la capetele libere ale celor două jumătăți începe refacerea nucleotidelor complementare pe baza substanțelor din celulă. Astfel, în loc de un lanț iau naștere două noi lanțuri de ADN, avînd însă structura identică cu macromolecula inițială. Întregul proces are un caracter complex. El implică consum de energie, care este furnizată de alte substanțe și, totodată, se desfășoară sub acțiunea enzimelor. De aceea, nu este tocmai corectă interpretarea replicării ADN drept autoreproducere.

În celule ADN este localizat în nuclei (cea mai mare parte), în plastide, mitocondrii, kinetosomi, dictiosomi, citoplasmă.

Importanța biologică fundamentală a ADN constă în faptul că succesiunea bazelor azotate din molecula lui este caracteristică, reprezentînd înregistrarea moleculară a informației genetice a speciei respective. Mecanismul înregistrării și transmiterii acestei informații va fi descris la capitolul despre ereditate.

ARN se deosebește de ADN nu numai prin compoziția nucleotidelor, dar și prin structura macromoleculei: nucleotidele formează un lanț simplu. În cazurile cînd molecula este suficient de lungă ea se poate plia iar între nucleotide ale părților pliate pot apare legături de hidrogen. ARN este localizat atît în nucleu cît și în citoplasmă.

Din punctul de vedere al mărimii moleculelor greutatea moleculară a ADN poate fi cuprinsă între 2 000 000—14 000 000; ARN are greutatea moleculară mai mică, variind de la cîteva zeci de mii la cîteva sute de mii. După greutatea moleculară se deosebesc mai multe categorii de ARN, după cum se va vedea în alt capitol.

Funcția esențială a ARN este transportul informației genetice din nucleu în citoplasmă și transferul ei în procesul de sinteză a substanțelor proteice.

— *Enzimele* sînt un grup de substanțe proteice de mare însemnătate biologică deoarece, avînd funcția de catalizatori, determină *sensul, viteza* și *succesiunea* tuturor proceselor metabolice din organism. Prin activitatea enzimelor, o parte din informația genetică a organismului este exteriorizată în caracterele morfo-fiziologice ale fenotipului.

Din punct de vedere chimic, majoritatea enzimelor sînt heteroproteine — conțin deci o proteină și un grup prostetic, neproteic. Există și enzime fără grup prostetic (de exemplu, hidrolazele), care pot desface, prin fixarea unei molecule de apă, unele legături chimice ca, de pildă, legăturile peptidice.

În enzimele complexe, proteina poartă numele de *apoenzimă* (sau apoferment) iar gruparea prostetică se numește *coenzimă,* coferment sau cofactor.

Acțiunea enzimelor face posibilă desfășurarea reacțiilor metabolice la temperatura fiziologică la care, fără participarea enzimelor, aceste reacții nu s-ar putea produce.

O reacție chimică se poate desfășura numai atunci cînd compușii implicați sînt în prealabil activați, adică li se „comunică" o anumită cantitate de energie, numită *energie de activare.* Sursa acestei energii este externă — fie căldura, fie energia alimentelor. Pentru marea majoritate a reacțiilor metabolice, în mod normal energia de activare este atît de mare, încît la temperaturi fiziologice ele nu s-ar putea desfășura. Enzimele sînt acelea care scad energia de activare, făcînd deci posibilă desfășurarea proceselor biologice fără ridicare de temperatură și sporind considerabil viteza de reacție. Explicația posibilă a acestui proces o vom examina mai departe.

Reacțiile enzimatice au o înaltă specificitate. Aceasta poate fi pentru substrat, pentru reacție chimică sau pentru un anumit tip de legături chimice. *Substrat* se numește substanța asupra căreia se exercită acțiunea catalitică a enzimei. O enzimă de obicei nu acționează decît asupra

unui anumit substrat. Unele enzime sînt specifice pentru anumite reacţii chimice sau pentru un anumit tip de legături. Există, în sfîrşit, şi o specificitate determinată de provenienţa enzimelor. Ea constă în faptul că enzimele, avînd acelaşi tip de activitate, se pot deosebi prin structura proteinei lor şi, de aici, printr-o serie întreagă de trăsături caracteristice. Astfel, alcooldehidrogenazele de provenienţe diferite (din levuri, din ficat de şobolan, din alte animale) se deosebesc între ele, deşi au acelaşi tip de activitate. La fel, de pildă, α-amilazele obţinute din pancreas, salivă şi serul sanguin de la porc sînt identice imunologic dar se deosebesc de α-amilaza din ficat. Asemenea fermenţi, avînd acelaşi tip de acţiune dar deosebiţi prin structura componentelor proteice, se numesc *izoenzime* sau *izofermenţi*.

Cercetările efectuate asupra a numeroşi fermenţi arată că nu toată molecula proteică este activă şi că în multe cazuri molecula are un *centru activ*, localizat într-o anumită porţiune a lanţului polipeptidic. Centrul activ este alcătuit dintr-un număr de resturi de aminoacizi care, după cît se pare, alcătuiesc o configuraţie spaţială ce corespunde exact (complementar) configuraţiei substratului (fig. 7).

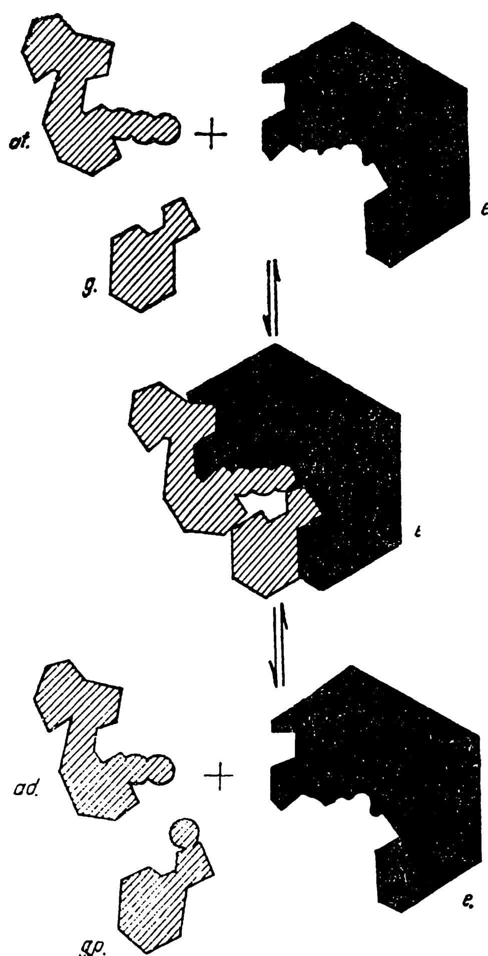


Fig. 7. Formarea complexului enzimă-substrat şi a produselor reacţiei:
e. – enzimă; g. – glucoză; at. – ATP; ad. – ADP; g.p. – glucozo-fosfat (după J. D. Watson, 1965).

Existenţa centrului activ al enzimelor explică faptul că în unele cazuri un număr de aminoacizi din molecula proteică a enzimei pot fi scoşi sau înlocuiţi (uneori pînă la 25% din numărul lor) fără ca să se schimbe activitatea enzimei, numai dacă gruparea activă, centrul activ, a rămas intact.

În majoritatea cazurilor, reacţiile enzimatice sînt reversibile, cu alte cuvinte aceeaşi enzimă care determină în anumite condiţii o reacţie de sinteză a unui produs, în alte condiţii determină şi descompunerea aceleiaşi substanţe în compuşi iniţiali. De pildă, invertaza facilitează reacţia de descompunere a zaharozei în glucoză şi fructoză, dar tot ea determină sinteza zaharozei din glucoză şi fructoză.

Activitatea enzimelor este influențată de numeroși factori ca, de pildă, concentrația substratului, concentrația enzimelor, concentrația produsului, temperatura, *p*H-ul, lumina etc.

Mecanismul de acțiune al enzimelor nu este încă pe deplin clarificat, dar cea mai acceptată explicație actuală constă în admiterea complementarității formei (a suprafeței, a structurii spațiale) enzimei și a substratului asupra căruia acționează.

Dacă forma și structura substratului sînt de așa natură încît îi permit să intre în contact strîns (deci la mică distanță) cu enzima, atunci acțiunea catalitică a centrului activ poate deveni suficient de puternică chiar pentru a desface legături tari precum C—N, C—O sau chiar C—C, sau pentru a duce la apariția unor legături noi între substanțele care reacționează. Substratul odată fixat pe ferment (prin legături chimice slabe, devenite posibile datorită apropierii moleculelor în urma complementarității formei lor) formează *complexul substrat-ferment,* care există un timp adesea foarte scurt. Grupările moleculare ale substratului fiind în mare proximitate între ele, se stabilesc legături chimice noi, sau, din contră, unele legături ale substratului pot fi desfăcute în cadrul complexului substrat-ferment. După desfășurarea reacției, fermentul devine disponibil pentru o nouă reacție.

Deși relația ferment-substrat este adesea comparată cu relația cheia-lacăt, imaginea nu este prea corectă deoarece are un caracter pronunțat mecanic, ca și cum substratul doar s-ar fixa mecanic într-un lăcaș potrivit al fermentului. În realitate, se produc ușoare schimbări în structura atît a substratului cît și a fermentului, uneori între substrat și ferment apărînd legături covalente. În interacțiunea substrat-ferment se produce activarea substratului și, uneori, schimbarea densității lui electronice. De aici se deduce că fermentul nu are o structură rigidă ci mai curînd una dinamică și între el și substrat are loc o interacțiune mai complexă.

Procesele metabolice de sinteză și de degradare a substanțelor organice sînt alcătuite din *reacții enzimatice înlănțuite:* produsul unei reacții enzimatice este substratul pentru enzima următoare, produsul acesteia la rîndul său substrat pentru următoarea ș.a.m.d. Se produc adevărate *căi metabolice* în care participă, succesiv și coordonat, o serie întreagă de enzime; adesea căi metabolice diferite au puncte de contact — adică produși (sau substraturi) ai unei reacții, care participă la mai multe căi metabolice, ceea ce în mod necesar implică și coordonarea vitezei și intensității proceselor ce se desfășoară pe toate aceste căi.

Degradarea glucozei, de pildă, pînă la completa descompunere în CO_2 și H_2O se face prin activitatea coordonată a unui mare număr de enzime, cu eliberarea treptată a energiei și înmagazinarea ei în moleculele de ATP. Prima enzimă care intră în acțiune este hexochinaza, care determină transferul unei grupări fosfatice din ATP la glucoză, ducînd la producerea de glucoză-hexa-fosfat și ADP. În lanțul metabolic, care începe cu această reacție, apare și produsul intermediar acetil-coenzima A, care este însă în același timp și un produs intermediar pe calea degradării sau a sintezei acizilor grași și a aminoacizilor. Deci acest produs reprezintă punctul (momentul) de interconectare a căilor metabolismului glucidelor, lipidelor și al proteinelor. Această conexiune a căilor metabolice, corelarea și coordonarea desfășurării lor în timp (altfel celula s-ar

dezorganiza), pune și problema coordonării și corelării lor în spațiul celular, deci problema localizării enzimelor. Enzimele nu se află distribuite la întîmplare în mediul celular, pentru că aceasta ar face imposibilă corelarea riguroasă, în timp, a reacțiilor. Într-adevăr, în ultimele două decenii s-a putut constata că enzimele, determinînd anumite căi metabolice sau anumite porțiuni ale căilor metabolice, sînt concentrate în anumite structuri celulare. Aflîndu-se în proximitate, ele pot determina coordonarea proceselor metabolice. Astfel, o bună parte a enzimelor care determină metabolismul glucidelor se află localizate în mitocondrii. Numeroase enzime ale sintezei substanțelor proteice sînt localizate în ribosomi.

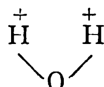
1.1.7. SUBSTANȚE ANORGANICE DIN MATERIA VIE

Apa și rolul ei în materia vie. Apa este cel mai important component mineral al tuturor organismelor, în care, la unele, ea poate constitui pînă la 98% din greutatea corpului.

Rolul apei în desfășurarea proceselor din materia vie este multiplu, complex și încă incomplet clarificat. Rolul și funcțiile ei pentru organisme se explică prin însușirile particulare ale acestui compus. Datorită structurii specifice a moleculei sale și proprietăților care rezultă din ea, apa este cel mai răspîndit solvent dintre toate lichidele cunoscute; ea dizolvă cel mai mare număr de substanțe și, prin aceasta, devine mediu ideal pentru desfășurarea proceselor metabolice. Datorită însușirilor sale, apa în organism nu reprezintă un mediu inert, un suport pasiv pentru diferitele substanțe și procese, ci un participant integrat în procesele multiple metabolice.

Din aceste motive, pentru biolog este importantă cunoașterea structurii și însușirilor apei.

Structura apei. După cum s-a arătat mai înainte, molecula de apă, alcătuită din doi atomi de hidrogen și unul de oxigen, din cauza asimetriei norului electronic reprezintă un dipol electric:



Polul negativ este în partea atomului de oxigen, cel pozitiv în partea celor doi atomi de hidrogen. Această structură a moleculei face ca în apă, în stare lichidă sau solidă, moleculele să nu fie amestecate haotic ci să formeze structuri regulate mai mult sau mai puțin stabile: între atomul de oxigen al fiecărei molecule și unul sau doi atomi de hidrogen din moleculele vecine se stabilesc legături de hidrogen, astfel încît fiecare moleculă poate fi legată prin punți de hidrogen cu patru molecule vecine (fig. 8).

Stabilitatea acestei structuri ordonate depinde de temperatură, deci de agitația termică. În stare solidă, sub 0°C, între toate moleculele apei se stabilesc legături rigide, cu structură hexagonală, lăsînd oarecare spații libere între hexagoane. Aceasta face ca volumul gheții să fie mai mare decît al apei respective și, deci, gheața să aibă densitatea mai mică decît apa.

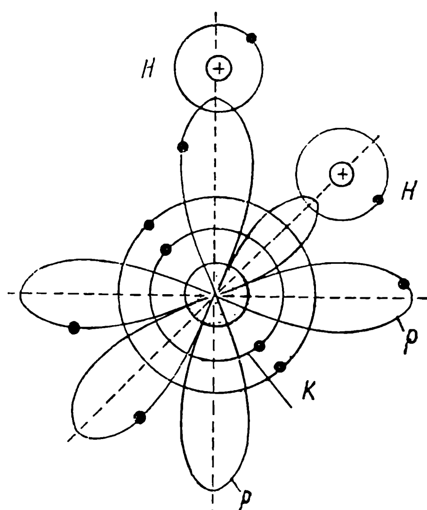


Fig. 8. Structura moleculei de apă: în mijloc nucleul atomului de oxigen (8 protoni și 8 neutroni) — 8 electroni: un dublet pe 1 *s* (stratul *K*); un dublet pe 2 *s* și 4 electroni pe orbitele *p*, toți 6 din stratul *L*. Valența dublă este satisfăcută de doi atomi de H.

Odată cu ridicarea temperaturii, agitația termică distruge tot mai multe legături de hidrogen. La 0°C se desfac 15% din legăturile de hidrogen, deci structura apei mai păstrează caractere ordonate de structură cristalină, se produce deci de fapt o trecere de la cristal solid la „cristal lichid". Cînd temperatura apei depășește 40°C, majoritatea legăturilor de hidrogen sînt desfăcute, structura cristalină practic dispare. Acesta, am putea spune, este al doilea punct de topire al apei. Remarcabil este că temperatura animalelor homeoterme, în jurul a 37°C, este tocmai aceea care permite apei în stare lichidă să formeze în celule structuri cristaline, care pot avea funcții complexe și importante.

Dacă noțiunile de solid și lichid nu le legăm neapărat de lipsa sau existența fluidității ci de gradul de ordonare a elementelor componente (în sensul că în solid structurile sînt mai ales ordonate, regulate), atunci constatăm că unele corpuri solide, ca de pildă sticla, au însușiri de lichid, deoarece au structură „dezordonată". În schimb, unele corpuri lichide au însușiri de solid, pentru că au structuri ordonate mai mult sau mai puțin permanente. În această situație este apa, mai ales la temperaturi sub 40°C.

Funcțiile apei în organism. Una dintre cele mai importante funcții este cea de *solvent*. Capacitatea de solvent a apei se explică tot prin structura moleculelor ei. În general, sînt solubili în apă compușii care au în alcătuirea lor grupări puternic polarizate ca —OH, —COOH, —NH_2, —SO_3H_2 care, deci, atrag moleculele de apă. Deci substanța solvită nu se amestecă pur și simplu cu solventul (în acest caz, apa) ci între ei se stabilesc anumite corelații, în funcție de structura și proprietățile solvitului. În cazul cînd în apă pătrund ioni, ei vor fi solubili cînd forța de atracție cu moleculele de apă va fi mai mare decît aceea dintre ioni. În jurul ionilor se vor forma straturi de molecule de apă orientate spre ioni cu polul avînd sarcina electrică opusă celei a ionului; dincolo de acest strat moleculele de apă vor fi mai dezorganizate, mai puțin orientate, pentru că legăturile vor fi mai slabe iar agitația termică nu va permite menținerea lor (fig. 9). Treptat se face trecerea spre zona cu organizarea normală a apei.

Această structură a apei în jurul ionilor are importanță în procesul de pătrundere a ionilor prin membrane biologice.

Dacă în soluție sînt molecule apolare, se produce un alt fenomen, și anume, în jurul acestor molecule apa capătă o structură asemănătoare cu gheața: un număr mare de molecule de apă unite prin legături

de hidrogen, formînd o rețea cristalină în dodecaedri pentagonali. O serie întreagă de atomi sau grupări atomice apolare dizolvate în apă au acest efect: atomi de argon, Cl_2, SH_2, CH_4, C_2H_2, C_2H_4, CH_3SH etc.

Ambele fenomene — orientarea polară a moleculelor de apă din imediata apropiere a grupărilor ionice și apariția structurilor cristaline de gheață în jurul grupărilor apolare — pot avea loc în jurul moleculelor proteice dizolvate în apă, sau în jurul altor macromolecule (fig. 10).

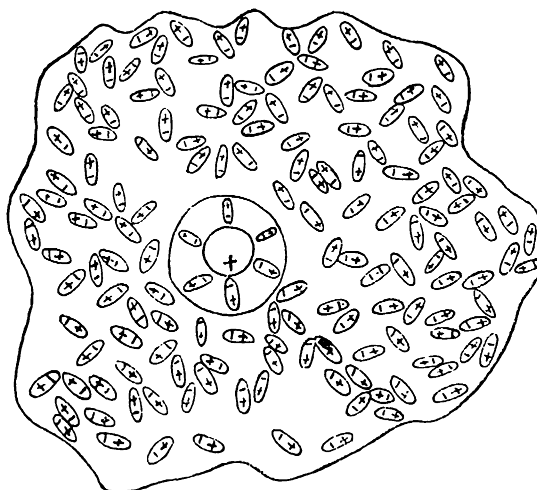


Fig. 9. Influența ionilor asupra structurii apei. În jurul unui ion mineral dipolii (moleculele de apă) formează un strat orientat și legat de ion. Mai departe de ion apa rămîne cu structura normală.

S-a constatat că structura rețelei cristaline a apei din jurul diferitelor grupări atomice nu este identică și este influențată de structura și însușirile moleculei dizolvate. Aceste învelișuri de „gheață" a moleculelor au consecințe multiple: ele pot împiedica apropierea macromoleculelor între ele; în cazul cînd învelișurile diferitelor molecule au o structură identică, pot fuziona; pot împiedica trecerea moleculelor prin membrane; în sfîrșit,

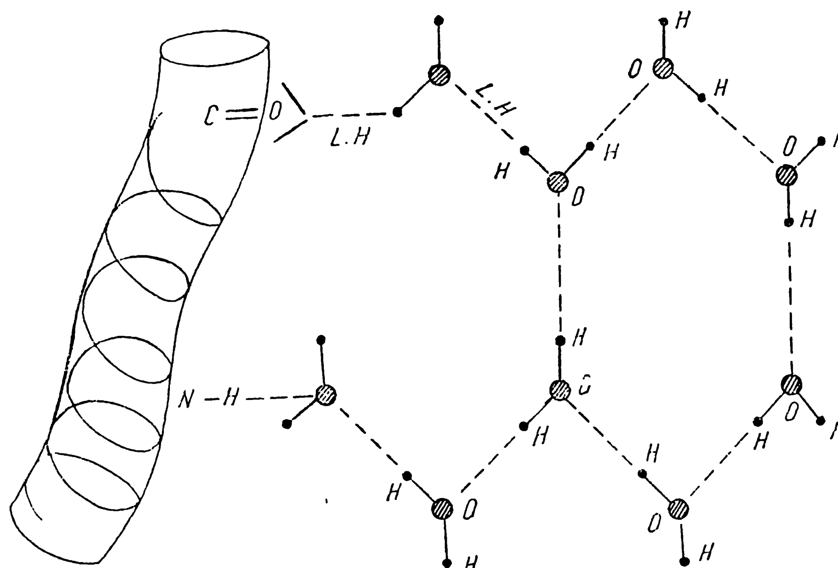


Fig. 10. Relațiile dintre o moleculă proteică și rețeaua moleculelor de apă (structura cristalină) din organism. *LH* – legătură de hidrogen.

datorită faptului că în învelişurile cu structura gheţii legăturile de hidrogen sînt continui, neîntrerupte (în lichid ele se desfac mereu), ele permit un rapid transfer de protoni (H^+) şi de electroni, avînd deci importante implicaţii în fiziologia celulară.

Din cele arătate rezultă clar că apa nu este un mediu pasiv, un suport pe care se desfăşoară activitatea metabolică. Integrată în materia vie, apa capătă însuşiri noi, funcţii multiple şi complexe. Pe drept cuvînt A. Sent-Györgyi spunea că ... „materia vie apare ca un sistem de apă şi substanţă organică, care formează o unitate singulară, inseparabilă, un sistem asemănător rotiţelor dintr-un ceasornic".

În organism apa are şi alte funcţii decît cele amintite. Astfel, ea reprezintă sursa cea mai importantă de H^+ şi OH^- indispensabili în numeroase reacţii metabolice. Datorită marii sale călduri specifice, apa se încălzeşte şi se răceşte greu; în felul acesta se evită încălzirea sau răcirea bruscă a organismelor, iar variaţiile externe ale temperaturii sînt puternic atenuate în organism.

Alte substanţe anorganice. În organismele vii, diferiţii componenţi anorganici sînt fie sub formă de ioni combinaţi cu substanţe organice (proteine, glucide, lipide), fie sub formă de ioni disociaţi în anioni (de exemplu, Cl^-) şi cationi (Na^+, K^+). Proporţiile acestor ioni sînt deosebit de importante pentru menţinerea presiunii osmotice şi a echilibrului acido-bazic din mediul intern. Creşterea concentraţiei ionice duce la creşterea presiunii osmotice. Concentraţia ionilor este deosebită în celule faţă de lichidul interstiţial. Astfel, în celule, este abundent anionul de fosfat şi cationul de K, în timp ce cationul de Na abundă în lichidul interstiţial.

Ionul fosfat poate fi liber, dar de cele mai multe ori se află legat în fosfolipide, fosfoproteine, acizi nucleici, fosfoglucide. Ca ioni primari ($H_2PO_4^{--}$) şi secundari (HPO_4^{--}) au rol în reglarea *p*H-ului din mediul intern. Ionii de calciu formează fie structuri solide (cristaline) în oase (sub formă de fosfaţi, carbonaţi), fie se află în sînge şi celule. În ţesuturi se găsesc ioni sulfaţi, carbonaţi, bicarbonaţi, de magneziu etc.

1.2. UNELE ÎNSUŞIRI FIZICE ALE MATERIEI VII, SEMNIFICATIVE DIN PUNCT DE VEDERE BIOLOGIC

Structura şi funcţionarea materiei vii (a protoplasmei) nu este determinată doar de compoziţia chimică ci şi de starea fizică în care se află. Deoarece protoplasma este în ultimă instanţă alcătuită din macromolecule organice şi apă, trebuie examinată starea fizică a acestui „amestec".

După dimensiunile particulelor şi după relaţiile care se stabilesc între particule şi apă (sau în general mediul în care sînt răspîndite particulele), „amestecul" respectiv poate fi o *soluţie adevărată* (particule cu diametru sub 0,0001 μ — deci din domeniul atomilor sau al moleculelor mici), o *suspensie* (diametrul particulelor mai mare de 0,1 μ şi

ele se depun pe fundul bazinului), sau o *soluție* (stare) *coloidală*[1] (diametrul particulelor este cuprins între 0,0001 μ—0,1 μ, deci ele sînt prea mari spre a forma o soluție adevărată și prea mici spre a se depune).

Macromoleculele organice din materia vie sînt în stare coloidală, iar protoplasma este o soluție coloidală. Proprietățile stării coloidale influențează procesele ce se desfășoară în materia vie. Substanțele (moleculele) din soluția coloidală se numesc *fază dispersă* (molecule dispersate), iar mediul în care sînt dispersate — *mediu de dispersie.*

Din punct de vedere al comportării particulelor față de mediul de dispersie, substanțele în stare coloidală pot fi *liofile* sau *liofobe.* Cele liofile *adsorb* la suprafața lor molecule ale mediului de dispersie. În cazul materiei vii, mediul fiind apa, moleculele dispersate se numesc *hidrofile* cînd adsorb la suprafața lor un strat format din molecule de apă. În cazul cînd o asemenea atracție nu se produce, substanțele poartă numele de *liofobe,* iar în cazul apei — *hidrofobe.* Substanțele proteice, de pildă, sînt hidrofile.

Ceea ce împiedică depunerea particulelor coloidale este nu numai mărimea și hidrofilia lor, dar mai ales faptul că la suprafața lor poartă *sarcini electrice,* care fiind de același semn particulele se resping menținîndu-se dispersate.

Încărcarea electrică a particulelor coloidale face ca într-un cîmp electric particulele să se deplaseze spre polul cu sarcina opusă (electroforeză).

Dacă în soluția coloidală se adaugă electroliți, ei pot neutraliza sarcinile electrice ale particulelor coloidale și acestea se pot depune (floculare).

În funcție de diferiți factori (t°, *p*H etc.) soluția coloidală se poate prezenta sub formă fluidă *(sol)* sau sub formă semisolidă *(gel),* cînd are aspectul de piftie. De pildă, gelatina în apa fierbinte reprezintă un sol. În apa rece, macromoleculele se intrică între ele, se unesc prin legături chimice slabe și formează o rețea continuă, semisolidă — gelul. În sol particulele sînt înconjurate de apă iar în gel apa este cuprinsă în rețeaua particulelor (a micelelor). Procesul este reversibil. În materia vie se produc mereu treceri sol $\rightleftarrows$ gel, în diferitele puncte ale protoplasmei celulare putîndu-se produce procesele în sensuri opuse.

Materia vie se prezintă de obicei în stare de gel, unde macromoleculele proteice fibrilare formează substanța fundamentală (hialoplasma). Ele sînt mai mult sau mai puțin legate între ele, alcătuind o rețea *(trama)* tridimensională în ale cărei ochiuri este cuprinsă apa, proteinele globulare, glucide, lipide, ioni. Această soluție coloidală este heterogenă, cuprinzînd variate macromolecule și formînd, de fapt, un *sistem coloidal polifazic,* în care se produc permanente transformări ale rapor-

---

[1] Cînd ne referim la substanța din soluție, este mai corect să folosim termenul de *stare coloidală,* pentru că o aceeași substanță în condiții diferite se poate comporta ca un cristaloid sau ca un coloid. De ex., NaCl în apă formează o soluție adevărată *(stare cristaloidă),* iar în alcool este în stare coloidă, dînd deci o soluție coloidală.

turilor dintre particulele dispersate și dintre ele și faza dispersantă. În anumite condiții, în soluția coloidală se produc fenomene de *coacervare* — agregări de macromolecule, înconjurate cu un strat de lichid (apa) comun întregii formațiuni, legat de macromolecule. Coacervatele capătă însușiri fizico-chimice deosebite de ale macromoleculelor izolate, putînd adsorbi și absorbi din mediu alte molecule, ioni, cu care desfășoară diferite reacții care pot duce la menținerea coacervatului, la creșterea sau la desfacerea lui.

Datorită dimensiunilor macromoleculelor și a coacervatelor, în soluțiile coloidale capătă importanță *fenomenele de suprafață*. Se știe că suprafața de contact cu mediul a unei particule este cu atît mai mare cu cît volumul ei este mai mic. De pildă, un cub cu latura de 1 cm are o suprafață totală de 6 cm^2. Același cub împărțit în 8 cuburi cu latura de 0,5 cm va da o suprafață totală de 12 cm^2, iar dacă îl împărțim în cuburi cu latura de 0,01 μ (deci de ordinul de mărime al unei macromolecule), ele vor totaliza o suprafață totală de 600 m^2. În organismul unui om suprafața acestor particule poate ajunge la ordinul de două milioane m^2. Interfețele atît de dezvoltate determină apariția unor însemnate forțe și procese de suprafață: adsorbții, concentrări de substanțe care pot fi biologic active, concentrări de molecule polare. Moleculele, care în mod normal au puține șanse de a se întîlni și de a reacționa, ajungînd în proximitate imediată pe interfețele fazei dispersate, reacționează cu ușurință deoarece energia de reacție în aceste condiții scade considerabil. În felul acesta, *fenomenele de suprafață devin un factor activ care influențează și orientează procesele ce se desfășoară în materia vie.*

Cu privire la structura materiei vii (a protoplasmei) nu există o unanimitate de păreri. Majoritatea autorilor, în interpretarea acestui fenomen, pornesc în esență de la ideea că moleculele diferitelor substanțe chimice din componența protoplasmei au o comportare asemănătoare cu aceea pe care o au „*in vitro*" (în stare izolată) în materia nevie. O părere deosebită a emis, în această privință, E. Macovschi. Acest autor pornește de la ideea că „protoplasma vie este alcătuită din două feluri distincte de materie, formate din aceleași materiale — materia vie și materia nevie — care se întrepătrund și se află în relații de coexistență funcțională". Materia vie, care se formează prin asimilarea diferitelor substanțe ale materiei nevii, are o structură specială *(biostructura)* și imprimă întregii protoplasme comportarea caracteristică, biologică.

Biochimismul protoplasmei cuprinde procesele ce se desfășoară în materia nevie a protoplasmei, iar cele ce au loc în materia vie constituie *metabolismul* ei (asimilația — deci integrarea substanțelor chimice în structura materiei vii și dezasimilația — ieșirea lor din structura materiei vii). Prin integrarea substanțelor chimice în materia vie se produc schimbări importante ale unor însușiri ale lor, fără a afecta în mod principial structura lor chimică. Integrarea în materia vie duce la apariția unor particularități noi, care se pierd odată cu ieșirea substanței din materia vie. În felul acesta *structura materiei vii nu poate fi echivalată cu structura componentelor chimice ale ei,* ea nu este o entitate aditivă ci reprezintă un „întreg" cu însușiri și calități proprii ale întregului, în care

componentele integrate în partea vie a protoplasmei sînt în stări și interacțiuni speciale, acelea care dau naștere mișcării biologice. Această ipoteză deschide un important domeniu de cercetare a materiei vii prin prisma integralității ei.

1.3. DINAMICA PROTOPLASMEI

Elementele chimice, moleculele mici, macromoleculele, complexele macromoleculare, deci toți constituenții protoplasmei, toate structurile ei, niciodată nu sînt statice. Ele se află într-o permanentă transformare, constînd într-o continuă distrugere și, totodată, reînnoire a părților componente.

Cercetările efectuate cu izotopi radioactivi ai diferitelor elemente au arătat că moleculele organice se dezagregă permanent și altele noi le iau locul. Aceasta se referă chiar la substanțele proteice, la enzime și la acizii nucleici. Viteza de reînnoire poate fi diferită, dar procesul totdeauna are loc în celule. De pildă, hemoglobina rămîne neschimbată tot timpul vieții globulei roșii (circa 120 zile); enzimele musculare sînt înlocuite zilnic cam în proporție de 1%, iar într-o populație de *Escherichia coli* înlocuirea proteinelor ajunge la 5% pe oră. Substanțele degradate sînt mereu resintetizate și înlocuite, menținîndu-se un permanent echilibru dinamic.

Pentru ca în acest proces extrem de complex, implicînd desfășurarea și întrepătrunderea a numeroase căi metabolice, celula, organismul să nu dispară, să-și mențină integralitatea, toate transformările trebuie riguros controlate, coordonate (ca viteză, intensitate, localizare, durată). Deci, în aparenta dezordine și continuă mișcare trebuie să existe o înaltă organizare și ordine. Trebuie să existe o permanentă autoreglare, un permanent autocontrol al proceselor metabolice. Aceasta este însușirea esențială a materiei vii și existența ei apare evidentă din simplul fapt că totalitatea acestor procese determină menținerea și dezvoltarea vieții, cu tot impactul schimbărilor continue ale mediului.

Menținerea ordinii și a organizării structurilor și a proceselor, desfășurarea activității organismului în corelațiile lui cu mediul necesită o permanentă reînnoire a energiei. Sursa de energie o constituie alimentele. Dar energia alimentelor nu poate fi eliberată și nici utilizată în fiecare moment, în locul necesar și în cantitate necesară. Energia alimentelor trebuie mai întîi depozitată într-o formă anumită, în anumite structuri. Acumulatorul universal de energie al materiei vii este ATP. Din această substanță energia este eliberată treptat și utilizată în procesele metabolice la momentul și locul necesar, în cantitate necesară, cu maximum de economie. Deci și sub aspect energetic, în protoplasma vie apare aceeași ordine și coordonare ca și sub aspect structural. De altfel, ambele aspecte sînt indisolubil legate.

Funcționarea autoreglată și strict coordonată a protoplasmei, menținerea integralității și echilibrului ei dinamic sînt posibile datorită organizării sistemice a materiei vii.

1.4. ORGANIZAREA SISTEMICĂ A MATERIEI VII

1.4.1. NOȚIUNEA DE ORGANIZARE ȘI DE SISTEM

Întreaga natură, toată materia, fie cea vie, fie lipsită de viață, este reprezentată prin corpuri materiale — de la atomi și molecule pînă la planete, sisteme planetare și galaxii, pe de o parte și pînă la diferite forme ale vieții, pe de altă parte. *Fiecare corp este, de fapt, un ansamblu de elemente de același fel sau* (de cele mai multe ori) *diferite,* între care există anumite conexiuni, anumite interacțiuni datorită cărora corpul dat se menține un timp mai mult sau mai puțin îndelungat într-o stare cvasistaționară și, deci, se comportă ca un întreg, ca un tot, față de corpurile înconjurătoare. Putem spune deci că natura este *organizată* în corpuri materiale.

Deci, prin **organizare,** înțelegem *constituirea unor ansambluri de fenomene, de elemente, în așa fel încît interacțiunile și funcțiile fenomenelor sau elementelor din cadrul ansamblului dat sînt subordonate funcțiilor esențiale ale întregului* (ansamblului), în sensul că ele concură la conservarea lui ca întreg și la îndeplinirea funcțiilor sale.

Din această definiție se poate vedea că organizarea implică două aspecte esențiale, și anume, *structura* și *funcția.*

Prin **structură** se înțelege *existența pe de o parte a unor anumite relații spațiale dintre elementele ei, iar pe de altă parte interacțiunile dintre aceste elemente.* De pildă, structura unei celule cuprinde nu numai morfologia constituenților ei, deci nu numai arhitectonica celulei, dar și interacțiunea, corelațiile dintre părțile ei componente. La fel structura unei populații constă nu numai în existența diferitelor grupări intrapopulaționale, dar ea cuprinde și relațiile dintre aceste grupări.

Prin **funcție** se înțelege *activitatea desfășurată de un element component ducînd la menținerea întregului din care face parte.* Noțiunea de funcție nu trebuie confundată cu cea de funcționare. Prin aceasta din urmă se înțelege mecanismul, modalitatea concretă prin care se realizează funcția. De pildă, funcția aparatului respirator este aceea de a aproviziona organismul cu oxigenul necesar desfășurării întregii activități, deci a menținerii întregului sistem în stare normală, în timp ce funcționarea aparatului respirator este modalitatea concretă prin care acest aparat, la diferite organisme, își îndeplinește funcția. Într-un fel funcționează acest aparat la mamifere, altfel la pești, la insecte, la plante etc., deși funcția lui rămîne aceeași.

Plantele verzi dintr-o biocenoză îndeplinesc funcția de *producător primar* de substanță organică necesară funcționării întregului sistem biocenotic, deși fotosinteza se poate desfășura diferit la fiecare specie.

Structura și funcțiile elementelor componente ale unui întreg sînt *indisolubil legate* între ele, în sensul că arhitectonica și corelațiile dintre componenți sînt de așa natură încît să permită desfășurarea normală a funcțiilor și, deci, menținerea întregului.

Organizarea apare ca o însușire inseparabilă a materiei, ca și mișcarea.

Trebuie subliniate unele implicații ale noțiunilor analizate.

Astfel, funcţia, în sensul definit înainte, implică desfăşurarea unei activităţi *orientate* spre menţinerea întregului din care face parte elementul dat, deci implică existenţa unei *finalităţi*. Dar realizarea funcţiei, deci realizarea acestei finalităţi, nu poate fi obţinută decît prin existenţa unei *coordonări* a funcţionării tuturor elementelor componente ale întregului şi prin *subordonarea* acestor procese faţă de funcţiile esenţiale ale întregului din care fac parte.

Unitatea organizatorică a materiei este *sistemul*. Din punct de vedere fizic, toate corpurile materiale, deci formele concrete de existenţă ale materiei, reprezintă tot atîtea sisteme.

Un sistem poate fi definit ca un *ansamblu de elemente, identice sau diferite, unite prin conexiuni într-un întreg.*

Organizarea unui sistem, deci structura lui şi conexiunile, funcţiile şi funcţionarea părţilor lui, sînt cele care determină delimitarea sistemului în spaţiu şi timp precum şi comportarea lui ca întreg, deci relaţiile sistemului dat cu sistemele înconjurătoare (ceea ce înţelegem prin mediul înconjurător).

Din punct de vedere *al relaţiilor cu mediul*, putem deosebi trei categorii de sisteme: *izolate, închise* şi *deschise*.

Sisteme izolate. Se numesc acele sisteme care nu întreţin cu mediul înconjurător nici schimburi de materie, nici schimburi energetice. Asemenea sisteme nu există în stare naturală. Postularea lor teoretică este totuşi utilă şi necesară reprezentînd o stare „ideală" a unui sistem. Ştiinţele în mod necesar operează cu asemenea stări ideale, inexistente în natură dar necesare teoretic. De pildă, noţiunile de „solid ideal", „gaz ideal", „maşină ideală" etc. reprezintă stări ideale necesare ca repere în studiul fenomenelor concrete. În acest sens şi noţiunea ideală de „sistem izolat" este utilă şi necesară. În mod artificial, experimental, ne putem apropia de crearea unor asemenea sisteme. De pildă, cabinele spaţiale se apropie de sisteme izolate, deşi nu realizează complet această stare: necesitatea termoreglării interiorului cabinei arată că se produce un oarecare schimb de energie cu mediul.

În biologie nu întîlnim asemenea sisteme, de aceea nu ne vom ocupa de ele.

Sisteme închise. Sînt acele sisteme care întreţin cu mediul înconjurător numai schimbul de energie, nu şi cel de materie. Asemenea sisteme se pot crea artificial. De pildă, un vas cu apă ermetic închis nu va avea cu mediul schimburi materiale, ci doar energetice: dacă aerul înconjurător se va răci apa va ceda din căldura ei, iar dacă se va încălzi va absorbi căldura. Sisteme apropiate de cele închise pot exista şi în natura anorganică. O planetă poate fi considerată ca sistem închis, dacă neglijăm substanţele (meteoriţi, praful cosmic) care cad pe suprafaţa ei. În organizarea materiei vii nu întîlnim asemenea sisteme.

Sisteme *absolut* închise nici ele nu pot exista, pentru că totdeauna există şi schimburi de materie. Deci caracterul de „închis" al unui sistem este totdeauna relativ.

Sisteme deschise. Sînt sisteme care au cu mediul schimburi atît energetice cît şi materiale. Aici intră cele mai multe sisteme lipsite de viaţă şi toate sistemele biologice.

Un corp oarecare, lipsit de viață (o stîncă, un lac, un rîu, o bucată de metal, un cadavru etc.) reprezintă un sistem deschis. Caracteristica generală a relațiilor cu mediul constă în faptul că sub influența factorilor mediului aceste sisteme lipsite de viață se degradează, se distrug, deoarece ele nu au capacitatea de a transforma factori ai mediului în substanțe (în general — condiții) proprii existenței lor.

Sistemele biologice, deși se înscriu în sfera noțiunii de sistem deschis, au particularități care le deosebesc în mod esențial de orice alt sistem.

1.4.2. ÎNSUȘIRI GENERALE ALE SISTEMELOR BIOLOGICE

Caracterul istoric. O deosebire importantă între sistemele deschise lipsite de viață și cele biologice constă în faptul că, spre a explica organizarea (deci structura și funcționarea) unui sistem anorganic oarecare, este suficient, de cele mai multe ori, să cunoaștem parametrii lui *actuali*. De pildă, spre a explica organizarea unei molecule oarecare, chiar spre a putea prevedea comportarea ei în diferite condiții, este suficient să cunoaștem însușirile atomilor componenți, legăturile dintre ei etc. Pentru a putea explica organizarea unui sistem biologic, nu este suficientă cunoașterea parametrilor lui actuali, ci trebuie cunoscută și *istoria* sistemului, trecutul lui. De exemplu, pentru a explica organizarea unui animal, capacitățile lui funcționale și comportamentale, posibilitățile lui evolutive, nu este suficient să cunoaștem doar anatomia și fiziologia lui; trebuie cunoscută evoluția istorică a speciei din care face parte sau chiar a grupului mai mare (genului, clasei). Într-adevăr, genotipul unui organism (deci și capacitățile lui morfo-fiziologice) este nu numai și nu atît rezultatul interacțiunii lui cu factorii mediului *actual* în care trăiește, ci rezultanta circulației informației genetice în cadrul populației date, în spațiu și în timp (în succesiunea generațiilor), deci rezultatul acțiunii *în timp* a selecției naturale asupra *populației ca întreg* și nu asupra individului izolat.

Caracterul informațional al sistemelor biologice. Trăsătura comună caracteristică multor sisteme tehnice constă în faptul că ele sînt construite în așa fel încît să transforme o formă de energie în alta (electromotoare, dinamuri, mașini cu aburi, motoare cu combustie internă etc.), după necesitățile omului. Deci ele sînt generatoare ale unor forme de energie. Spre deosebire de acestea, în sistemele informaționale transformările de energie care au loc reprezintă *mijlocul* prin care se produce *recepționarea, acumularea, prelucrarea și transmiterea informațiilor*. Mașinile electronice de calcul, așa-numitele „creiere electronice", sînt sisteme informaționale create de om.

Sistemele biologice sînt și ele sisteme informaționale. Ele sînt capabile să recepționeze informații de la sistemele înconjurătoare (mediul ambiant), să le prelucreze, să le acumuleze și să le transmită altor sisteme. Activitatea informațională a sistemelor biologice este aceea care determină pe de o parte integrarea lor în mediu și, pe de alta, transformarea mediului. Dată fiind importanța acestei activități, este necesară lămurirea noțiunii de informație și a implicațiilor ei cu semnificație biologică.

Informaţia reprezintă orice mesaj (ştire) care poate fi recepţionat şi transmis. Observînd, cercetînd natura, putem obţine informaţii de la fiinţe sau obiecte înconjurătoare. Aceste informaţii le putem transmite altor oameni. Un animal recepţionează şi transmite informaţii pe căi fizice (sunete, culori etc.), pe căi chimice sau biologice (comportamente, obiceiuri).

Un aparat sau o piesă a unei maşini, prin funcţionare, primeşte şi transmite informaţii (mişcare, căldură, electricitate) altor aparate sau piese.

N. Wiener, fondatorul ciberneticii, defineşte informaţia ca *o succesiune continuă sau discontinuă de evenimente măsurabile, distribuite în timp.* Într-adevăr, transmiterea informaţiei se face prin succesiuni de semnale (evenimente). Oamenii folosesc de pildă limbajul, scrisul, semnale electrice, luminoase, sonore etc. În lumea animală mijloacele de transmitere a informaţiei sînt, de asemenea, variate: sunete, ultrasunete, unde electromagnetice, culori, mişcări, emiterea de substanţe chimice, comportamente etc. Succesiuni de molecule mici în cadrul unei macromolecule, structuri ale unor complexe macromoleculare etc., de asemenea reprezintă mijloace de transmitere a informaţiei.

Orice informaţie este legată de un suport material al informaţiei, ca de pildă scrisul, vorbirea, banda magnetică, undele radio, semnalele luminoase etc. Se înţelege că purtătorul material al informaţiei implică o cheltuială de energie. Din punct de vedere al conţinutului, informaţia transmisă — mesajul — nu depinde de energia cheltuită, după cum ele nu pot fi confundate nici cu purtătorul lor material. Astfel, o ştire de mare însemnătate poate fi transmisă prin semnale acustice, luminoase etc. extrem de slabe (deci cu un consum de energie foarte mic), după cum o aceeaşi informaţie (un cîntec, un text etc.) poate fi transmisă prin unde radio, semnale Morse, note muzicale etc. Aceasta arată că, de fapt, informaţia reprezintă doar o anumită *succesiune* de semnale, deci o anumită *organizare a semnalelor* şi nu semnalele în sine. Iată de ce informaţia poate fi definită şi ca *schimbarea acţiunii fizice a unui sistem, în spaţiu şi timp, luată separat (desprinsă) de purtătorul ei material.*

După cum se poate vedea, noţiunea de informaţie este legată şi de cea de organizare, şi anume, cantitatea de informaţie a unui sistem va fi cu atît mai mare cu cît sistemul este mai organizat (deci într-o stare mai puţin probabilă). Cu cît sistemul va fi mai dezorganizat (stare mai probabilă), cantitatea de informaţie va fi mai mică. De pildă, nişte litere aruncate la întîmplare (starea cea mai probabilă) nu ne vor furniza nici un fel de informaţie. Din contră, cînd vor fi ordonate într-un text acesta va putea conţine o anumită cantitate de informaţie. Acelaşi lucru se aplică şi la sistemele biologice. Cu cît un sistem biologic va fi mai diferenţiat, cu o mai înaltă organizare, el va putea conţine şi transmite o mai mare cantitate de informaţie.

Informaţia (conţinutul informaţional) fiind cuprinsă în *succesiunea* semnalelor, înseamnă că se transmite în forma *codificată.* Codul este specific sistemului care-l transmite. De pildă, aparatul de radioemisie transmite o conferinţă codificînd-o în impulsuri electromagnetice. Pentru a putea s-o recepţionăm, noi folosim aparatul de recepţie care *decodi-*

fică textul, transformînd semnalele electromagnetice în semnale sonore accesibile nouă, *fără a modifica conținutul informației*. Orice sistem transmite informația printr-un anumit *cod specific* lui (modului său de organizare). Pentru a fi recepționată și „înțeleasă" de un alt sistem ea trebuie trecută („tradusă") în codul specific sistemului dat, fără a-i altera sensul, conținutul.

Pentru sistemele tehnice și pentru cele biologice transmiterea fidelă a informației, protecția ei împotriva perturbărilor, a „zgomotelor", deci împotriva alterării ei, este de cea mai mare însemnătate. Pentru aceasta, în tehnică se folosesc diferite mijloace ca, de exemplu, dispozitive speciale împotriva „paraziților" în emisiuni radio. Un alt mijloc constă în repetarea mesajului sau în formularea lui mai explicită, deci nu în forma lui cea mai scurtă, cea mai laconică. De pildă, într-o convorbire telefonică, sau într-o emisiune radio, cînd transmitem un nume propriu spre a fi siguri că este recepționat corect, îl repetăm sau fiecare literă o transmitem sub forma unui cuvînt întreg (a unui nume propriu) în care ea este inițiala. Deci mesajul cuprinde un exces, un surplus de informație, care lungește mesajul, nu-i îmbogățește conținutul dar asigură fidelitatea. Acest surplus de informație reprezintă fenomenul *redundanței*, iar informația în exces se numește *informație redundantă*. Se înțelege că redundanța prea mare, care depășește necesarul, devine nu numai inutilă ci chiar dăunătoare, deoarece duce la cheltuieli inutile de energie și la supraîncărcarea canalelor de comunicație, putînd duce chiar la dezorganizarea transmiterii.

În sistemele biologice o formă frecventă a redundanței este repetarea mesajului. Numărul dublu al cromozomilor din celule, repetarea acestei garnituri în numeroase celule, repetarea mai mult sau mai puțin fidelă a genotipului în numeroșii indivizi ai unei populații sau specii, repetarea patrimoniului genetic al unei specii în mai multe populații, pot fi interpretate ca fenomene de redundanță, care măresc fidelitatea informației și, deci, asigură persistența speciei. Și în acest caz redundanța excesivă poate deveni dăunătoare — prin deformări în transmiterea informației (multiplicarea numărului sau a garniturii cromozomilor, sau prin suprapopulație de pildă). Aceasta ne arată că în fiecare caz există o redundanță optimă, care în condițiile date asigură cel mai bine — eficient și economic — funcționarea sistemului biologic.

Integralitatea sistemelor biologice. Constă în faptul că, deși oricare sistem biologic (o celulă, un organism pluricelular, o populație, o biocenoză) este alcătuit din numeroase elemente componente (subsisteme), el se comportă față de factorii mediului (influențe ale altor sisteme) ca *un întreg*, ca un tot, menținîndu-și existența mai mult sau mai puțin îndelungat. Faptul se datorează interdependenței părților sistemului, conexiunilor dintre ele. Integralitatea apare ca rezultat al *diferențierii*, al *specializării* structural-funcționale ale părților componente. Cu cît diferențierea lor va fi mai avansată și cu cît vor fi mai specializate în îndeplinirea unor anumite funcții, cu atît dependența lor reciprocă va fi mai mare, independența („libertatea") fiecărei părți mai mică, iar integralitatea sistemului mai dezvoltată, mai accentuată.

Examinarea fenomenului integralității arată că *însușirile întregului nu pot fi reduse la suma însușirilor părților lui componente*. De pildă,

un aparat de radio-recepţie are însuşirea esenţială de a recepţiona undele electromagnetice şi de a le transforma în unde sonore. Nici una din piesele lui nu are şi nu poate avea această însuşire, după cum nici însumarea însuşirilor pieselor lui nu va da acest rezultat. O pasăre, de pildă, are însuşirea de a zbura, însuşire pe care nu o are nici una din componentele ei, nici suma lor. Înseamnă că un sistem biologic nu este o entitate aditivă, el nu rezultă din simpla însumare a părţilor.

De unde provin însuşirile întregului, noul care nu poate fi redus la însuşirile componentelor sistemului? Însuşirile noi ale întregului provin din conexiunile, din interacţiunile părţilor lui componente, deci dintr-o anumită organizare a acestor părţi.

Dar pe de altă parte, examinarea integralităţii arată că părţile componente ale întregului, atunci cînd sînt integrate în sistem, manifestă însuşiri noi, pe care nu le manifestă atunci cînd sînt în afara sistemului. Am văzut, de pildă, că prin formarea moleculelor (legături covalente) atomii îşi pierd individualitatea pentru că o parte din electroni încetează să le mai aparţină şi devin electroni ai moleculei. Deci însuşirile atomilor integraţi în molecule se schimbă. Apa liberă are anumite însuşiri, dar integrată într-o celulă ea capătă alte însuşiri — de „cristal lichid" ale cărui proprietăţi nu depind numai de propria sa structură ci şi de aceea a macromoleculelor adiacente. Un animal oarecare se comportă într-un fel cînd este izolat şi altfel cînd este integrat într-o grupare (stol, cîrd, turmă etc.).

Aceste constatări arată că studiul unui sistem nu poate fi făcut corect decît ţinînd seama de integralitatea lui. Cu alte cuvinte, analiza părţilor lui va trebui făcută nu izolat ci ţinînd seama de integrarea lor în sistem, iar analiza sistemului — ţinînd seama nu numai de însuşirile părţilor ci şi mai ales de interacţiunile lor, de funcţiile lor faţă de întreg.

Sistemelor biologice le este proprie dezvoltarea: ontogenetică, filogenetică, dezvoltarea populaţiilor, a biocenozelor. Dezvoltarea sistemului înseamnă transformarea, dezvoltarea însuşirilor lui, deci şi *dezvoltarea integralităţii lui*. Integralitatea fiind rezultat al relaţiilor spaţio-temporale din interiorul sistemului, dezvoltarea acestei însuşiri înseamnă dezvoltarea relaţiilor dintre părţi, creşterea diferenţierii şi, totodată, a integrării şi interdependenţei lor, înseamnă creşterea gradului de organizare a sistemului, creşterea cantităţii de informaţie a sistemului. Tot odată, aceasta înseamnă creşterea calităţii controlului în activitatea sistemului şi centralizarea treptată a acestuia.

Asemenea procese putem constata în dezvoltarea individuală a animalelor: de la stadii iniţiale (de exemplu, blastulă), cînd blastomerele pot fi încă separate şi se pot dezvolta de sine stătător, către stadii din ce în ce mai avansate, cu diferenţieri de ţesuturi, organe, de sistem nervos central care asigură coordonarea părţilor şi subordonarea lor faţă de necesităţile întregului. Acelaşi proces îl putem urmări în decursul evoluţiei filogenetice, de la forme primitive (ca, de pildă, spongieri, celenterate) cu părţi puţin diferenţiate, slab integrate, pînă la formele evoluate (păsări sau mamifere), la care, în afară de un foarte fin reglaj central al funcţiunilor, are loc adesea şi o anumită organizare a indivizilor în sisteme supraindividuale — turme, stoluri, familii etc.

Echilibrul dinamic. Reprezintă starea caracteristică sistemelor biologice, şi, deci, una din însuşirile lor importante. Orice sistem biologic, aflîndu-se în permanent schimb de materie și energie cu mediul, se autoreînnoieşte continuu: unele din elementele sale componente se dezintegrează, eliberează energia lor potenţială care este folosită de sistem şi sînt înlocuite cu alte elemente luate din mediul înconjurător. În felul acesta, deşi sistemul îşi păstrează individualitatea, el este mereu altul. Această stare de continuă îmbinare a stabilităţii și schimbării constituie echilibrul dinamic al sistemului.

Spre deosebire de sistemele deschise nevii, sistemele biologice au capacitatea remarcabilă de a *transforma* condiţiile mediului în propriile lor condiții. Schimburile materiale și energetice devin o *necesitate*, o condiție indispensabilă existenţei lor. La sistemele nebiologice, după cum s-a arătat, aceste schimburi duc la distrugerea sistemului ca atare (transformarea în alt sistem, încorporare în alte sisteme etc.).

Menţinerea echilibrului dinamic înseamnă desfăşurarea continuă a unor procese energetice — transformări şi, deci, pierderi de energie. Aici apare o trăsătură specifică importantă a sistemelor biologice: orice sistem lipsit de viaţă, conform cu al doilea principiu al termodinamicii, tinde spre starea de echilibru termodinamic, prin creştere continuă de entropie. În această stare se realizează entropia maximă, cînd energia liberă a sistemului este nulă. Atunci sistemul este dezorganizat.

Sistemele biologice, utilizînd substanţe energetice (macroergice) din mediu reuşesc nu numai să compenseze pierderile energetice, şi deci să împiedice creşterea entropiei, dar, mai mult, prin dezvoltarea lor, deci prin creşterea gradului de organizare, determină chiar scăderea entropiei. Putem spune că ele au, deci, un comportament antientropic.

Program. Această trăsătură este legată de organizarea sistemului, mai precis de capacităţile sale structurale şi funcţionale. Structura unui sistem şi modul său de funcţionare (deci factorii interni) determină modul cum va acţiona sistemul asupra mediului, specificul acestei acţiuni.

Structura unui sistem biologic oarecare nu este niciodată rigidă, ca şi funcţionarea lui. Însăşi relaţiile sistemelor biologice cu mediul în permanentă schimbare implică schimbări ale stărilor sistemului. Se înţelege că aceste schimbări nu pot depăşi anumite limite, impuse tocmai de capacităţile structurale şi funcţionale ale sistemului.

Un program reprezintă tocmai una din stările posibile pe care le poate realiza sistemul, în limitele permise de organizarea sa. Deoarece orice sistem are multe stări posibile permise de structura lui, înseamnă că el are şi multe programe.

Să ilustrăm cele spuse printr-un exemplu biologic.

Diferite stări funcţionale ale unui organism reprezintă realizarea diferitelor programe: stare de repaus, starea de veghe, urmărirea unei prăzi, consumarea prăzii, construirea unui adăpost, căutarea femelei, împerecherea, îngrijirea puilor, apărarea contra unui duşman etc. De reţinut este faptul că realizarea acestor diferite programe se face în limite impuse de structura sistemului, de organizarea lui, care determină deci specificul reacţiilor sistemului. Practic, niciodată nu se pot realiza toate programele posibile ale unui sistem. Dintre ele se realizează acele programe pentru care există condiţii potrivite ale mediului. De

pildă, o pasăre nu-şi va putea construi cuibul dacă în mediul în care trăieşte lipseşte materialul necesar. O plantă entomofilă nu va produce seminţe dacă lipsesc insectele care să producă polenizarea.

În orice sistem există mai multe *categorii* de programe, rezultate din organizarea sistemică a naturii: orice sistem este un întreg faţă de părţile (subsistemele) sale componente şi este o parte (subsistem) faţă de sistemul în care este integrat. Ca urmare, putem distinge şi următoarele trei categorii de programe: *a)* programe *„pentru sine"* — adică programele, stările structurale, funcţionale care asigură existenţa, autoconservarea sistemului dat. De pildă, programele care asigură capturarea, devorarea, asimilarea hranei, care asigură apărarea organismului etc.; *b)* programe *„inferioare"* — adică programele subsistemelor componente ale organismului. De pildă, programele diferitelor celule, ţesuturi, organe — la organismele complexe; programele părţilor (organitelor) celulei, chiar a complexelor moleculare — la organismele monocelulare; *c)* programe *„superioare"* — menite să asigure existenţa sistemului superior în care este integrat sistemul dat. În această categorie intră programele care asigură reproducerea şi înmulţirea organismelor, deci îndeplinirea funcţiei lor în viaţa speciei.

Prin urmare, organizarea sistemică a naturii determină existenţa, în fiecare sistem, a unei ierarhii de programe. Atunci cînd un sistem este scos din sistemul în care era integrat, primul program care se va schimba va fi cel superior şi va fi înlocuit cu altul, corespunzător noului întreg în care este integrat sistemul dat.

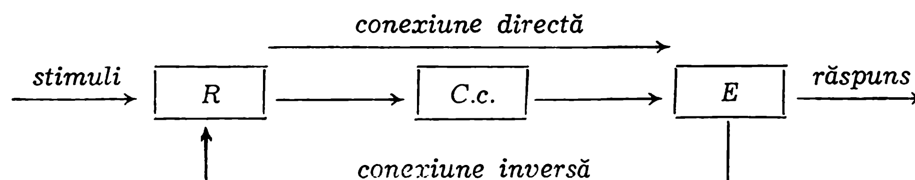
De pildă, o celulă scoasă din ţesut şi cultivată separat (culturi de celule) îşi pierde trăsăturile specifice funcţionale şi structurale din cadrul ţesutului, păstrîndu-se în schimb programul propriu, „pentru sine", care-i asigură existenţa. O plantă sau un animal scos din populaţia naturală căreia îi aparţine şi trecut în stare de domesticire îşi schimbă numeroase programe: se schimbă ritmul de reproducere, prolificitatea, ritmul de creştere, îngrăşare. Schimbarea programului „superior", determinată de integrarea în noul sistem, duce treptat şi la schimbarea programului „pentru sine": în exemplul dat se schimbă hrana din punct de vedere cantitativ şi mai ales calitativ, se schimbă modul ei de procurare, de digerare etc., ceea ce duce chiar la schimbarea şi a programelor „inferioare".

Putem conchide deci că diferitele categorii de programe ale unui sistem nu sînt fixe, ele se pot schimba în funcţie de integrarea sistemului dat într-un sistem sau altul. Aceste schimbări pot afecta treptat întreaga ierarhie a programelor. Limitele acestor schimbări posibile sînt determinate de însăşi structura, specificul calitativ al sistemului.

Autoreglarea. Este însuşirea universală a tuturor sistemelor cibernetice, deci şi a celor biologice. Necesitatea acestei însuşiri rezultă din însăşi existenţa trăsăturilor caracteristice precedente. Într-adevăr, menţinerea integralităţii şi a echilibrului dinamic al unui sistem implică controlul şi coordonarea automată a funcţionării elementelor sale componente, pe de o parte, cît şi a comportamentului său faţă de alte sisteme, pe de altă parte. Acest control automat al propriei funcţionări a sistemului este posibil datorită unei anumite organizări a lui, care-l face capabil să recepţioneze informaţii provenite din mediu (de la alte sis-

teme), să prelucreze aceste informații, să dea răspunsul potrivit care să anihileze tendințele de dezorganizare ale sistemului dat de către factorii mediului. Este evident că asemenea răspunsuri sînt posibile numai dacă ele (ca intensitate, sens, eficiență) vor fi controlate prin compararea cu comenzile primite, cu alte cuvinte este necesară compararea a *ceea ce efectuează* concret sistemul cu *ceea ce trebuie să facă.*

Schematic, sistemul de control este înfățișat astfel:



Schema autocontrolului.

R este dispozitivul de recepție;
C.c. — centrul de comandă;
E — dispozitiv efector.

Prin *conexiune inversă* („feedback") valoarea răspunsului este comunicată la dispozitivul receptor și apoi la centrul de comandă și este comparată cu comanda emisă. Dacă între această valoare și comandă există o diferență (și întotdeauna există), ea se transformă într-o nouă comandă care determină un nou răspuns ș.a.m.d.

Pe acest principiu funcționează numeroase sisteme tehnice cu reglaj, ca și sistemele biologice. Un exemplu tehnic, devenit clasic, al unui asemenea reglaj este modul de funcționare a regulatorului centrifugal (Watt) de la mașina cu aburi. Ca în toate cazurile reglajul are un scop, în cazul de față — menținerea vitezei constante în funcționarea mașinii. Fără reglaj, dat fiind că presiunea aburului se schimbă ca și sarcina mașinii, viteza de funcționare s-ar schimba mereu. Presiunea aburului reprezintă aici stimulul (canalul de intrare a informației). Sarcina mașinii (lucrul mecanic pe care-l execută) este răspunsul mașinii (canalul de ieșire). Conexiunea inversă constă în faptul că efectul — viteza de rotație a volantului — este legat cu canalul de intrare. Viteza de rotație este „apreciată" și reglată de regulatorul centrifugal. Cînd cantitatea de abur intrat în cilindru este prea mare și crește prea mult presiunea, deci și viteza de rotație, bilele regulatorului se ridică și, printr-un sistem de pîrghii, pun în mișcare supapa care limitează admisiunea aburului în cilindru. Consecința: scade presiunea, scade viteza de rotație, bilele se lasă mai jos, ceea ce duce la o deschidere mai mare a supapei. Presiunea crește din nou etc. În felul acesta viteza de rotație se menține relativ constantă, oscilînd în jurul unei anumite valori. Valoarea comandată poate fi modificată printr-o anumită reglare, de la început, a poziției sistemului de pîrghii.

Pe același principiu al conexiunii inverse se bazează reglarea automată a numeroase procese biologice, ca menținerea constantă a temperaturii corpului, menținerea unei anumite concentrații de glucoză în sînge, a concentrației de gaze, a presiunii sîngelui, a deschiderii pupilei.

Fiziologia animală abundă de asemenea fapte. După cum vom vedea în alte capitole, și sistemele supraindividuale (populații, biocenoze) sînt reglate pe același principiu.

În exemplul analizat, ca și în cazurile menținerii valorii constante a unor parametri ai mediului intern (homeostazia) ai organismului, conexiunea inversă era de așa natură încît împiedica depășirea într-un sens sau altul a valorii comandate a răspunsului. Acest fel de conexiune inversă se numește *conexiune inversă negativă*. Ea deci *tinde* să mențină o anumită valoare a efectului, fără ca vreodată această valoare să devină ceva fix, rigid. În unele cazuri, conexiunea inversă poate fi și *pozitivă*, atunci cînd fluxul de semnale de la efector la receptor duce la *intensificarea* treptată a efectului. De pildă, am putea modifica construcția regulatorului Watt în așa fel ca la creșterea presiunii supapa să se deschidă tot mai mult în loc de a se închide. Funcționarea liberă a unui asemenea sistem ar duce la autodistrugerea lui, prin depășirea măsurii sistemului. Asemenea rezultat poate fi evitat prin intervenție pe bucla conexiunii inverse a *unui alt sistem* care să oprească creșterea efectului, la o anumită valoare. În sisteme biologice (fiziologice, ecologice) întîlnim adesea și acest mecanism de funcționare, prin conexiune inversă pozitivă.

În încheiere la analiza acestei însușiri a autoreglării sistemelor biologice, vom scoate în evidență unele caracteristici importante ale ei.

Conexiunea inversă face posibilă *stabilitatea sistemelor* și, deci, însăși existența lor, și aceasta prin anihilarea influenței diferiților factori care, în mod obișnuit, tind să dezorganizeze sistemul dat.

O altă trăsătură importantă constă în faptul că răspunsurile sistemului, deci funcționarea mecanismului regulator, depind numai de diferența apărută dintre *efect și comandă*, nu de cauzele care le provoacă. De pildă, un termostat va funcționa în același fel la scăderea temperaturii din cameră, fie că aceasta se produce din cauză că s-a deschis fereastra, fie că s-a deschis ușa, fie că suflă un curent de aer rece, fie că s-a pus pe el o bucată de gheață. La sistemele biologice fenomenul este mai complex. De pildă, la un animal homeoterm, va intra în funcțiune același mecanism termoregulator, fie că suflă un vînt rece, cade o ploaie rece etc. Dar pe lîngă aceasta animalul are și alte posibilități, el putîndu-și schimba comportamentul: de pildă, se poate refugia într-un adăpost sau să-și construiască unul. Semnificația biologică a acestei capacități a sistemelor arată importanța esențială a factorilor interni, a organizării sistemului în definirea comportării sale. Cu cît organizarea este mai complexă, mai evoluată, cu atît răspunsurile pot fi mai multiple, mai fin coordonate și pot anihila mai prompt și mai precis influențele diferiților factori.

În sfîrșit, cea mai importantă trăsătură a sistemelor autoreglabile este *finalizarea răspunsurilor* lor la influențele factorilor. Cu alte cuvinte, răspunsurile sistemului autoreglabil nu sînt întîmplătoare, haotice. Din contră, ele sînt *orientate în sensul contracarării variațiilor de moment ale factorilor* care acționează asupra sistemului. Asemenea răspunsuri, cu *valoare imediată* în menținerea integralității și echilibrului dinamic al sistemului, le numim *adecvate*.

După cum reiese din analiza sistemelor biologice, această finalizare a răspunsurilor apare ca un *fenomen obiectiv,* rezultat al însuși modului de organizare a sistemului. În felul acesta, aplicarea teoriei cibernetice în explicarea organizării materiei vii rezolvă în mod științific una din problemele importante ale biologiei teoretice: *existența finalității în structura și funcționarea materiei vii.*

Finalitatea biologică, fără a avea bineînțeles nimic comun cu finalismul idealist, apare ca un fenomen obiectiv, universal și necesar care face posibilă stabilitatea relativă a sistemelor biologice de orice categorie și, prin aceasta, însăși menținerea și evoluția vieții.

Heterogenitatea sistemelor biologice. Reprezintă diversitatea structurală și funcțională *internă* a sistemului. Este o trăsătură necesară și comună sistemelor biologice de orice nivel. Într-adevăr, autoreglarea presupune existența a minimum două elemente, diferite cel puțin funcțional: unul care reglează și altul supus reglării, precum și a canalelor de comunicație (de conexiune — directă și inversă).

Problema esențială pentru biologie este aceea a *gradului de heterogenitate* a sistemelor, a gradului lor de diversitate. De ce unele sisteme (organisme, populații, biocenoze) au o heterogenitate mai mare decît altele de același nivel?

Un fapt bine stabilit este că sistemele biologice de orice nivel evoluează spre *creșterea complexității funcțional-structurale, spre creșterea diversității lor interne.* Aceasta o putem constata atît în dezvoltarea ontogenetică, cît și în evoluția filogenetică a plantelor și animalelor; același lucru îl putem constata în evoluția populațiilor sau speciilor și în evoluția biocenozelor.

Heterogenitatea unui sistem biologic poate fi calculată și exprimată prin cantitatea de informație a sistemului dat. Metoda aceasta pornește de la ipoteza că elementele componente ale sistemului sînt repartizate independent unele de altele, deci nu ține seama tocmai de trăsătura esențială a sistemelor — conexiunea dintre elemente. Aplicarea metodei arată că diversitatea maximă a unui sistem este realizată în cazul cînd structurile sale elementare (elementele componente) *sînt în proporții egale.* De pildă, o populație realizează diversitatea maximă dacă diferitele categorii de organisme care o compun sînt în proporții egale; o biocenoză are diversitate maximă dacă speciile componente sînt în proporții egale.

Examinarea faptelor biologice arată că deși, după cum s-a arătat mai înainte, tendința evolutivă a sistemelor biologice este către creșterea diversității, *valoarea ei maximă teoretică nu este atinsă niciodată.* De aici se poate conchide că heterogenitatea maximă nu este starea către care tind sistemele biologice.

Imposibilitatea realizării diversității maxime este determinată de apariția corelațiilor dintre elementele sistemului. Corelațiile duc la scăderea gradului de incertitudine în structura sistemului, a cantității de informație (față de maximul posibil) și, deci, la scăderea diversității (față de maximul teoretic). Dar *existența corelațiilor* (a conexiunilor) *face să crească eficiența autocontrolului sistemului și, deci, duce la creșterea stabilității lui.* Aceasta este condiția esențială a supraviețuirii unui sistem biologic în condițiile concrete ale mediului. Rezultă deci că

există un anumit grad de heterogenitate, o *heterogenitate optimă,* către care tinde orice sistem biologic şi care asigură cel mai bine menţinerea lui în condiţiile concrete ale existenţei sale.

În capitolul privitor la polimorfism vor fi prezentate o serie de fapte care, printre altele, ilustrează această concluzie.

1.4.3. DEFINIŢIA SISTEMELOR BIOLOGICE

Ţinînd seama de analiza făcută privind organizarea şi însuşirile sistemelor biologice, putem da şi o definiţie (caracterizare) a lor.

Sistemele biologice sînt sisteme informaţionale, deschise; datorită modului lor de organizare ele au capacitatea de autoconservare, autoreproducere, autoreglare şi autodezvoltare, de la forme simple spre cele complexe de organizare; ele au un comportament antientropic şi finalizat, care le asigură stabilitatea în relaţiile lor cu alte sisteme.

1.4.4. IERARHIA SISTEMELOR BIOLOGICE ŞI NIVELELE DE ORGANIZARE ALE MATERIEI VII

Ierarhia sistemelor este o trăsătură esenţială a organizării materiei. Ea rezultă din faptul că orice sistem este alcătuit din *subsisteme* şi, la rîndul său, intră în alcătuirea unui alt sistem. Ierarhia sistemelor apare deci ca un fenomen obiectiv şi examinarea lui este de mare însemnătate pentru înţelegerea trăsăturilor specifice în organizarea diferitelor categorii de sisteme şi a relaţiilor dintre ele.

Pentru clarificarea problemei este necesară delimitarea şi precizarea a două noţiuni care adesea sînt confundate: *nivelele de integrare* şi *nivelele de organizare* ale materiei vii.

Nivele de integrare ale materiei vii. Reprezintă totalitatea sistemelor ierarhizate, cuprinse (incluse) în alcătuirea unui sistem biologic dat. De pildă, un organism are cuprinse în el sisteme începînd de la cele subatomice şi atomice, continuînd cu sisteme moleculare şi macromoleculare de diverse complexităţi, cu celule, ţesuturi, organe, complexe de organe (aparate, „sisteme"). Evident că în această noţiune sînt cuprinse atît *sisteme nebiologice,* lipsite de viaţă (particule subatomice, atomi, molecule), cît şi *sisteme biologice* (celule, ţesuturi etc.).

Nivele de organizare ale materiei vii. Reprezintă categoriile de *sisteme biologice* diferite calitativ din punct de vedere al organizării lor. Deci, această noţiune se referă numai la sisteme biologice.

Analizînd organizarea ierarhică a materiei vii, putem distinge *două linii ierarhice* care, deşi interdependente, nu sînt echivalente una cu alta şi nu se pot situa liniar, una în prelungirea alteia.

Una din aceste linii o putem numi *ierarhia morfofiziologică sau individuală, pentru că ea este reprezentată prin ierarhia sistemelor integrate în interiorul unui organism.* Evident, aceste sisteme (molecule, celule, ţesuturi, organe, complexe de organe), integrate într-un organism, nu pot exista de sine stătător. Termenul superior al acestei linii este individul de sine stătător. Componenţa ierarhiei morfofiziologice nu este aceeaşi la organisme din categorii diferite: la un monocelular ea va fi alta

(moleculă — organite — organism) decît, de pildă, la o hidră, iar la aceasta va fi diferită de ierarhia sistemelor de control de la un pește sau mamifer. Prin urmare, în decursul evoluției nu numai că se perfecționează sistemele de control ca atare, dar se dezvoltă, se complică însăși ierarhia sistemelor morfo-fiziologice.

Modul concret de funcționare al diferitelor sisteme morfofiziologice din cadrul acestei ierarhii intră în preocupările biochimiei, fiziologiei și a morfologiei.

Pe noi ne interesează mai ales problemele *relațiilor* dintre sistemele ierarhiei morfo-fiziologice. Din acest punct de vedere constatăm că diferitele procese metabolice se desfășoară în celule în cadrul sistemelor moleculare sau a complexelor de macromolecule. De pildă, în procesul termogenezei unui organism, se produc oxidări ale hidraților de carbon, ale grăsimilor, reglate prin activitatea fermenților, deci prin mecanisme moleculare specifice fiecărei trepte în aceste reacții. Dar, după cum vom vedea mai amănunțit în alte capitole, activitatea fermenților, printre altele, este reglată prin activitatea genelor care *coordonează procesele celulei ca întreg*. La rîndul ei, activitatea genelor este sub influența metaboliților care pătrund în interiorul celulei din afara ei. Pînă la sfîrșit constatăm că acest proces, care se desfășoară la nivel molecular, este controlat de activitatea sistemului hormonal și a celui nervos, adică de către sistemele de control ale *organismului ca sistem integrator*. Necesitatea acestui fapt apare limpede dacă ne gîndim că rostul proceselor metabolice care se desfășoară în interiorul celulelor, țesuturilor, organelor, este acela de a satisface anumite necesități ale organismului, în relațiile sale cu factorii mediului în care trăiește: temperatura, umiditatea, procurarea hranei, dușmanii etc.

Sistemul neuro-hormonal este acela care controlează, în ultimă instanță, activitatea întregii ierarhii morfo-fiziologice din organism, integrînd-o în ambianța căreia ființa trebuie să-i facă față. Prin urmare, *relațiile dintre sistemele de control din cadrul ierarhiei morfo-fiziologice sînt de subordonare ierarhică și de coordonare a sistemelor „inferioare" de către cele „superioare"*, în funcție de relațiile organismului cu mediul său de viață. Din această cauză și răspunsurile organismului ca sistem la variațiile factorilor mediului au un caracter adecvat, contracarînd aceste variații și asigurînd autoconservarea individului.

A doua linie ierarhică a sistemelor biologice o putem numi *ierarhia supraindividuală* sau *ierarhia nivelelor de organizare ale materiei vii*. Această ierarhie rezultă din faptul că sistemele biologice sînt de categorii diferite, neechivalente între ele, avînd naturi diferite, legi proprii ale structurii și funcționării. Aceste categorii de sisteme alcătuiesc nivelele de organizare ale materiei vii.

Definirea și delimitarea nivelelor de organizare ale materiei vii este importantă, pentru că ea face posibilă cercetarea și înțelegerea corectă a formelor mișcării biologice, a fenomenelor, proceselor, legilor caracteristice fiecăreia din aceste forme și a relațiilor dintre ele. Deși importantă, ea nu este rezolvată definitiv pînă în prezent.

Pentru a stabili nivelele de organizare ale materiei vii trebuie găsit un criteriu obiectiv după care să putem aprecia dacă unul sau altul din sistemele biologice reprezintă sau nu un nivel. Acest criteriu este

universalitatea sistemelor unui nivel. Adică *sistemele unui nivel dat trebuie să cuprindă întreaga materie vie, fără excepție.*

Adoptînd acest criteriu putem defini un *nivel* de organizare a materiei vii ca *ansamblul de sisteme biologice echivalente, cu caracter de universalitate* și putem considera ca stabilite, cu certitudine pînă în prezent, următoarele patru nivele de organizare:

1. *Nivelul individual,* avînd ca unități reprezentative indivizii biologici, organisme individuale.
2. *Nivelul populațional sau al speciei,* reprezentat prin sisteme populaționale sau ale speciilor.
3. *Nivelul biocenotic,* reprezentat prin sisteme biocenotice.
4. *Nivelul biosferei,* reprezentat prin sistemul unic al biosferei planetei noastre.

Dacă examinăm cele patru nivele menționate, constatăm într-adevăr că fiecare din ele respectă criteriul universalității: fiecare din aceste nivele, luat în parte, cuprinde întreaga materie vie. Fiecare din aceste nivele reprezintă, de fapt, o formă calitativ deosebită de mișcare, de organizare a vieții, avînd anumite fenomene și legi caracteristice.

Vom examina, pe scurt, aceste trăsături caracteristice ale fiecărui nivel, pentru ca apoi să vedem care sînt relațiile dintre ele.

Nivelul individual. În ierarhia stabilită, termenul ei inferior este reprezentat prin sisteme individuale, adică indivizi biologici. Acest nivel cuprinde întreaga materie vie, pentru că într-adevăr *nu există materie vie în afara organismelor.* De aceea, putem defini organismul individual, *individul biologic,* ca fiind *forma elementară și, totodată, universală de existență și, deci, de organizare a materiei vii.* În această definiție sînt cuprinse toate organismele, indiferent dacă sînt reprezentate prin forme precelulare, monocelulare sau pluricelulare mai simple sau mai complexe.

De aici se înțelege de ce sistemele componente ale indivizilor, deci din ierarhia morfo-fiziologică, nu pot fi considerate ca reprezentînd nivele de organizare, ci doar nivele de integrare și de ce această din urmă ierarhie nu poate fi prezentată în prelungirea liniară a ierarhiei nivelelor.

Într-adevăr, în ceea ce privește moleculele organice, oricît de complexe ar fi, ele nu pot reprezenta un nivel de organizare al materiei vii, din simplul motiv că *nu există molecule vii.* Moleculele de diferite complexități reprezintă (cum se va vedea la capitolul privind originea vieții) diferite *trepte* în evoluția materiei nevii spre apariția vieții, care apare prin formare de organisme individuale.

Alte părți componente ale unui individ: celule, țesuturi, organe, complexe de organe, nu pot reprezenta nivele de organizare, deoarece nu respectă criteriul universalității. Ele nu există la toate organismele, se dezvoltă treptat în cursul evoluției filogenetice sau în timpul dezvoltării individuale. Ele reprezintă caracterele structurale morfo-fiziologice ale indivizilor, deci *etape* ale dezvoltării în organizarea sistemelor individuale.

În interiorul nivelului individual de organizare a materiei vii, ca și la celelalte nivele, putem deosebi diferite *trepte ale dezvoltării* sistemelor individuale. Pe treapta cea mai inferioară pot fi considerate viru-

surile — complexe macromoleculare nucleo-proteice. Urmează forme la care celula încă nu are toate elementele complet diferențiate, cum sînt bacteriile și unele alge (în special cianoficee); treapta următoare este reprezentată prin plante și animale monocelulare; urmează organisme pluricelulare unde se diferențiază diferite grade de complexitate a organizării, mergînd pînă la organisme animale superioare, avînd sisteme de control complexe și centralizate, reprezentate prin sistemul nervos central.

Care sînt fenomenele și legile caracteristice mai importante ale sistemelor nivelului individual?

Biologii sînt unanim de acord că principala cauză a existenței și dezvoltării individuale este contradicția și, totodată, unitatea dintre asimilație și dezasimilație. Această contradicție internă este realizată pe fondul relațiilor contradictorii ale organismului cu condițiile sale de existență, abiotice și biotice. *Metabolismul, ca proces fiziologic, este și legea specifică a nivelului individual al organizării materiei vii.* Acest proces este determinant pentru celelalte trăsături caracteristice ale indivizilor — ereditatea și variabilitatea, reproducerea, dezvoltarea ontogenetică, excitabilitatea, mișcarea etc.

Este firesc ca și însușirile generale, comune sistemelor biologice de orice nivel, să se manifeste la indivizi într-un mod specific. Dintre acestea, vom sublinia doar faptul că integralitatea la aceste sisteme este cea mai pronunțată. Este rezultatul diferențierii structurale și funcționale foarte avansate a părților corpului, mai mult decît la oricare alte sisteme biologice. Din această cauză și mecanismele integratoare ale indivizilor — atît cele umorale cît și mai ales cele nervoase — realizează treptele cele mai perfecționate. Este evident că atît în ontogenie cît și pe scara filogenetică, pe măsura accentuării diferențierii organelor și a funcțiunilor lor, se dezvoltă și integralitatea sistemelor individuale. Dezvoltarea integralității înseamnă, totodată, sporirea sensibilității, fineții și a eficienței sistemelor de control iar odată cu aceasta se produce o integrare mai fină și mai subtilă, mai suplă, a indivizilor în mediul lor de viață.

Nivelul populațional sau al speciei. Orice individ biologic aparține unei specii, cu alte cuvinte nu există indivizi biologici în afara speciilor. De aceea, sistemul speciilor, cuprinzînd întreaga materie vie, reprezintă un nivel de organizare ale cărui elemente componente (subsisteme) sînt organismele. Deoarece fiecare specie constă din una sau mai multe populații (în cazul cînd este reprezentată printr-o singură populație, specia și populația se confundă), considerăm că sistemele populaționale sau cele ale speciilor reprezintă un același nivel de organizare a vieții.

Procesele și legile sistemelor de nivel populațional sînt diferite de cele de la nivelul individual. Procesul fundamental caracteristic acestui nivel îl constituie *relațiile intraspecifice* — contradictorii și, totodată, unitare. Dezvoltarea și rezolvarea acestor relații contradictorii duce la dezvoltarea unei anumite structuri a populațiilor și speciilor, a unei anumite organizări, unei anumite dinamici a trăsăturilor populaționale. Aceste trăsături sînt în același timp indisolubil corelate cu factorii mediului abiotic și biotic, cu alte cuvinte ele reprezintă *adaptări* ale speciilor.

Populaţiile sau speciile reprezintă nu indivizi izolaţi ci *ansambluri organizate de indivizi în succesiunea neîntreruptă a generaţiilor*. Factorul timp devine o componentă esenţială a speciei. Fiecare specie are o *istorie* a sa în sensul propriu al acestui cuvînt. Contrar individului, la care timpul de existenţă (longevitatea) este dinainte determinat, în limite destul de strînse, timpul de existenţă al speciei este nedefinit. El depinde de numeroşi factori interni (ai speciei) și externi (ai mediului), putînd ajunge şi la sute de milioane de ani.

Evoluţia, ca proces istoric ce se desfăşoară în timp, este un fenomen caracteristic populaţiilor şi speciilor. Cu alte cuvinte, nu indivizii izolaţi ci *populaţiile şi speciile reprezintă obiectul şi purtătorul material al evoluţiei*. De aceea, *legile evoluţiei sînt legi caracteristice sistemelor de nivel populaţional*. Cea mai importantă dintre aceste legi este *selecţia naturală*. După cum se va arăta mai amănunţit într-un alt capitol, *selecţia naturală este factorul care, în succesiunea generaţiilor, transformă fenomenul individual al variabilităţii în procesul istoric al evoluţiei*.

Efectul principal al acţiunii selecţiei este adaptarea speciilor la condiţiile lor de existenţă. Adaptarea se elaborează în timp, în decursul generaţiilor şi nu la indivizi izolaţi ci la populaţii şi specii. De aceea, *fenomenul de adaptare trebuie considerat ca o caracteristică a speciilor, spre deosebire de adecvare, care este un fenomen de nivel individual*.

Integralitatea, ca însuşire generală a sistemelor biologice, o regăsim şi la sistemele de nivel populaţional, după acelaşi principiu. Ea apare ca rezultat al relaţiilor intraspecifice şi al diferenţierii diferitelor categorii de indivizi. Această diferenţiere (pe vîrste, sexe etc.) cu cît este mai avansată, organizarea populaţiei apare mai complexă, cu o înaltă coordonare şi subordonare a elementelor componente. Deci şi aici, ca şi în cazul sistemelor individuale, constatăm că *integralitatea nu este o stare fixă*, ci ea se dezvoltă în decursul evoluţiei. Ea reprezintă una din adaptările importante ale speciilor şi, ca atare, este rezultatul acţiunii selecţiei.

Integralitatea populaţiilor, ca şi echilibrul lor dinamic, se menţin datorită existenţei unor mecanisme de *autoreglare* a parametrilor esenţiali ai sistemelor populaţionale. (Vom arăta în capitolul consacrat populaţiilor modul de funcţionare al acestor mecanisme.)

În concluzie, constatăm deci că într-adevăr sistemele populaţionale reprezintă o altă formă de mişcare şi organizare a materiei vii, formă deosebită calitativ de aceea a nivelului individual.

(3) *Nivelul biocenotic*. Este reprezentat prin biocenoze. Diferitele specii de plante şi de animale nu pot exista vreme îndelungată de sine stătător. Astfel, carnivorele de orice fel trebuie să coexiste cu speciile de animale cu care se hrănesc; la fel ierbivorele trebuie să coexiste cu plantele pe care le consumă. Chiar şi plantele verzi, deci autotrofe, ar epuiza repede resursele lor de hrană (elementele chimice esenţiale ca N, P, C, K etc.) dacă nu ar exista bacteriile care să descompună cadavrele şi, deci, să readucă în circuitul vieţii substanţele biogene. Din această cauză, în mod necesar are loc *coexistenţa speciilor de microorganisme, plante şi animale*, între ele avînd loc o diviziune a activităţilor, a funcţiilor, care duce în acelaşi timp la integrarea speciilor în cadrul sistemului biocenotic. Se poate deduce de aici că *trăsătura caracteristică*,

determinînd existența biocenozelor, constă în relațiile contradictorii dar, totodată, unitare dintre speciile componente. Aceste relații se desfășoară pe fondul condițiilor abiotice ale biotopului și, deci, se integrează în structura ecosistemului dat.

Relațiile dintre speciile biocenozei se concretizează prin adaptările lor structurale și funcționale reciproce, fapt care determină și dezvoltarea integralității biocenozelor, structura lor și funcția productivității. Cu cît aceste adaptări reciproce vor fi mai strînse, mai specializate, cu atît integralitatea va fi mai pronunțată.

După cum se va vedea într-un alt capitol, relațiile dintre speciile biocenozei (mai ales relațiile trofice) sînt cele care realizează principalele mecanisme de autoreglare a stării biocenozelor.

Nivelul biosferei. Cuprinde totalitatea biocenozelor, deci totalitatea vieții de pe Pămînt și funcționează ca un sistem biologic pe scară planetară. Pînă în prezent se cunosc prea puțin legitățile generale de organizare și funcționare a acestui sistem și, de aceea, nu ne vom ocupa mai îndeaproape de el.

S-a amintit mai înainte faptul că problema nivelelor de organizare nu este încă pe deplin lămurită. S-au arătat la începutul expunerii privind această problemă unele aspecte discutabile ale ei. Aici mai trebuie adăugat că s-ar putea ca între nivelul biocenotic de organizare și cel al biosferei să existe încă cel puțin un nivel de organizare a materiei vii. Problema încă nu este rezolvată în momentul de față.

1.4.5. RELAȚIILE DINTRE SISTEME BIOLOGICE DE NIVELE DIFERITE DE ORGANIZARE

Aspectele concrete ale modului de manifestare a acestor relații vor fi analizate în alte capitole. Aici ne vom limita la expunerea unor aspecte generale, principiale ale problemei.

Examinarea relațiilor dintre sisteme de nivele diferite înseamnă, de fapt, examinarea relațiilor dintre formele diferite de mișcare și organizare ale materiei vii.

Fiecare sistem biologic, după cum s-a mai subliniat, este alcătuit din subsisteme și, totodată, el este o parte componentă a unui alt sistem „superior" și nu poate fi conceput și înțeles corect în afara acestei ierarhii. Acestei ierarhii organizatorice îi corespunde o ierarhie a programelor. Din această cauză funcționarea oricărui sistem biologic va fi determinată pe de o parte de specificul organizării sale, deci de elementele sale componente, de subsistemele sale, iar pe de altă parte de către sistemele de control ale sistemului ierarhic superior.

Prin prisma acestor relații ierarhice pot fi înțelese corect sensul și semnificația biologică, evolutivă a specificului structural și funcțional al unui sistem.

De pildă, variabilitatea ca proces caracteristic sistemelor de nivel individual este rezultatul desfășurării proceselor metabolice, specifice acestui nivel. La indivizii fiecărei specii, mai mult chiar, la fiecare individ în parte, acest proces al metabolismului se desfășoară în mod caracteristic, propriu, determinat de specificul genotipului, de specificul substanțelor proteice, de specificul organizării indivizilor dați. De pildă, la

o bacterie feruginoasă metabolismul se desfăşoară altfel decît la o ciupercă parazită sau la o algă verde; metabolismul unui peşte este diferit de al unei păsări sau al unui mamifer; mai mult, fiecare specie din aceste grupe şi chiar fiecare individ au trăsăturile lor metabolice proprii. Aceasta determină specificul comportamentului, al structurii, al funcţionării, al variabilităţii. Existenţa mecanismelor de control, proprii ale fiecărui individ, determină caracterul adecvat al răspunsurilor sale faţă de factorii mediului. Rezultatul final către care tind aceste procese individuale — urmare a desfăşurării programului „pentru sine" — este autoconservarea individului. Dar semnificaţia biologică deplină a lor o vom înţelege numai dacă examinăm valoarea răspunsurilor individuale în viaţa speciei (sau a populaţiei), deci în existenţa sistemului ierarhic superior.

Relaţiile dintre aceste două categorii de sisteme nu sînt şi nu pot fi o armonie perfectă, cum ar putea să pară la prima vedere. Din contră, ele sînt contradictorii, deşi sistemele sînt indisolubil dependente unul de altul: nu poate fi conceput individul ca neaparţinînd unei populaţii sau specii, după cum specia nu poate fi concepută fără indivizi. Caracterul contradictoriu al acestor relaţii constă în faptul că nu toate variaţiile individuale (deşi adecvate pentru condiţiile de moment în care se află individul) au aceeaşi valoare în viaţa speciei. A admite că variaţiile şi comportamentul individului sînt în orice împrejurare utile speciei, înseamnă a admite că individul „ştie" ce este folositor sau dăunător populaţiei sau speciei sale, or aceasta ar însemna alunecare spre finalism.

Variaţiile individuale, reflectînd specificul structurii şi funcţionării sistemului individual, sint obiectiv *întîmplătoare* din punct de vedere al valorii lor în viaţa speciei. Această valoare (semnificaţie) a lor este „apreciată" de legile speciei, în primul rînd de selecţia naturală: acele variaţii care vor contribui cu mai mult succes la îndeplinirea funcţiei principale a individului în existenţa speciei — reproducerea — vor persista, vor fi păstrate şi se vor generaliza în populaţie prin creşterea numărului descendenţilor posesori ai acestor variaţii; cele care se vor dovedi ineficiente în îndeplinirea acestei funcţii vor fi eliminate mai curînd sau mai tîrziu.

Prin urmare, pe această cale a „aprecierii" valorii variaţiilor individuale pentru supravieţuirea speciei, selecţia naturală va controla şi desfăşurarea proceselor individuale — ale metabolismului —, orientîndu-le în sensul util supravieţuirii speciei. Constatăm deci că şi aici, în relaţiile ierarhice dintre sisteme de nivele diferite, există aceeaşi relaţie de subordonare şi coordonare a sistemelor „inferioare" de către cele „superioare", ca şi în cazul ierarhiei morfo-fiziologice.

Aceste relaţii dintre sistemul individual şi cel al speciei duc la dezvoltarea în cadrul indivizilor a programelor „superioare", ceea ce asigură îndeplinirea rolului individului în viaţa speciei şi faţă de care sînt subordonate atît programul „pentru sine" cît şi programele „inferioare".

Într-adevăr, se ştie că rolul biologic final al tuturor proceselor metabolice, deci a programului „pentru sine", este autoconservarea individului pentru asigurarea reproducerii.

Relaţii în esenţă de aceeaşi natură sînt şi între sistemul populaţiilor (al speciilor) şi cel al biocenozelor.

După cum s-a mai spus, speciile, reprezentate prin populații, nu pot exista decît fiind încadrate în biocenoză și, deci, în ecosistemul respectiv. Fiecare specie ocupă un anumit loc în economia biocenozei, îndeplinește anumite funcții în acest sistem. Funcțiile acestea se concretizează prin anumite relații ale populației date cu alte populații aparținînd altor specii din biocenoză. Adaptările populației (speciei), reflectînd specificul structural și funcțional al ei, sînt de fapt adaptări față de relațiile ei cu alte specii. Ca oricare adaptare, ele sînt consecința acțiunii selecției naturale. De aici se vede clar că sensul de acțiune al selecției, formele pe care le îmbracă, ritmul în care se desfășoară, vor fi determinate de două categorii de factori: pe de o parte de specificul populației date (bacterii, plante superioare, animale etc.), de specificul trăsăturilor structurale și funcționale ale ei, iar pe de altă parte de relațiile interspecifice — lege a existenței sistemului biocenotic. Selecția va fi orientată în așa fel încît populația dată, cu trăsăturile sale interne proprii, să poată persista în cadrul corelațiilor complexe cu celelalte specii din biocenoză și ecosistem.

Concluzia care se desprinde din acest examen sumar al relațiilor dintre sisteme biologice de nivele diferite este că cercetarea fenomenelor caracteristice unui sistem dat, spre a duce la relevarea întregii sale semnificații biologice, trebuie făcută ținînd seama atît de particularitățile sistemului cît și de relațiile de subordonare și coordonare din ierarhia sistemică a naturii vii.

1.5. ORIGINEA VIEȚII

Ca să explicăm apariția unui fenomen complex cum este viața, materia vie, mai întîi trebuie să cunoaștem esența lui, trăsăturile sale specifice esențiale în *forma lor cea mai simplă, elementară.* Această din urmă condiție este necesară deoarece dacă privim viața în formele și manifestările ei cele mai evoluate, mai complexe, atunci explicarea originii ei devine extrem de dificilă, dacă nu chiar imposibilă. În prealabil trebuie făcută însă o precizare. Pînă în prezent cunoștințele noastre despre materia vie sînt riguros „terestre", limitate la formele pe care le îmbracă viața pe planeta noastră. De aceea, deocamdată, nu este posibil să dăm o caracterizare a materiei vii valabilă pentru viața „în general", pentru orice manifestare a vieții oriunde în univers, chiar dacă trăsăturile pe care le putem desprinde *acum* din studiul materiei vii ni se par de o extremă generalitate.

Caracterizarea materiei vii în condițiile terestre se poate desprinde din întreaga expunere anterioară privind materia vie. Viața este o formă de mișcare și organizare a materiei, concretizată prin apariția sistemelor biologice, în forma lor cea mai elementară. Mișcarea biologică este rezultatul organizării spațio-temporale a acestor sisteme. Organizarea lor este de așa natură încît face posibilă îndeplinirea unor funcții al căror ansamblu reprezintă tocmai esența fenomenului vieții. Aceste funcții esențiale ale sistemelor biologice sînt: *autoconservarea, autoreproducerea, autoreglarea, autodezvoltarea.*

Prin urmare, pentru a explica originea vieții trebuie să explicăm modul cum au putut apare sisteme cu aceste funcții. Pentru aceasta trebuie să vedem cum și de către cine sînt îndeplinite aceste funcții, ținînd seama totodată că modul și mecanismele de desfășurare ale acestor procese la sistemele biologice actuale sînt în mod sigur diferite de cele din fazele inițiale ale apariției vieții.

Autoconservarea. Reprezintă capacitatea sistemelor biologice de a extrage și a utiliza energia din mediul înconjurător pentru sinteze de compuși proprii, specifici și pentru celelalte activități.

Fără a ne referi deocamdată la sursele primare de energie (energia radiațiilor solare, a descărcărilor electrice, a radioactivității planetei noastre etc.), se știe că la organismele *actuale* rezerva energetică este reprezentată prin *hidrați de carbon și grăsimi.* Spre a fi utilizată, energia acestor molecule este transferată și acumulată în molecule de A.T.P. Toate procesele metabolice la organismele actuale sînt procese enzimatice, deci care necesită *substanțe proteice.* Aceste substanțe nu numai că determină desfășurarea proceselor metabolice dar au și un rol esențial plastic. Sinteza acestor substanțe presupune existența *acizilor nucleici.*

Autoreproducerea. În forma ei cea mai elementară, autoreproducerea se desfășoară la nivel molecular. Nu cunoaștem astăzi nici o substanță care *singură* ar fi capabilă de autoreproducere. Acest proces se poate desfășura numai în *sisteme* (complexe) de substanțe macromoleculare, în speță complexe alcătuite din *acizi nucleici și proteine,* în prezența unor substanțe capabile să mobilizeze energia (A.T.P.).

Autoreglarea și autodezvoltarea indivizilor biologici actuali. Sînt rezultatul organizării spațio-temporale a acestor sisteme, a corelațiilor structural-funcționale, care le conferă caracterul informațional. Această organizare, în forma ei cea mai elementară, o găsim astăzi în sisteme celulare, adică în sisteme biologice individualizate, delimitate față de mediul înconjurător și cu o organizare internă diferențiată (în diferite grade). La baza acestor două însușiri stau, în ultimă instanță, corelațiile dintre sisteme moleculare, în care rolul esențial îl au aceleași grupe de substanțe care determină desfășurarea proceselor metabolice.

Prin urmare, deoarece toate aceste trăsături ale sistemelor biologice individuale sînt determinate de existența unor anumite substanțe — hidrați de carbon, grăsimi, proteine, acizi nucleici, A.T.P., pentru a explica apariția vieții va trebui să explicăm mai întîi cum au apărut aceste grupe de compuși. Astăzi toți acești compuși sînt sintetizați în interiorul organismelor, deci *presupun* existența vieții. Ei apar pe cale biogenă. Se înțelege că, *inițial,* ei au trebuit să apară pe alte căi — *abiogene* — pe care știința trebuie să le găsească, să le reconstituie.

Ca o trăsătură generală a acestor substanțe este faptul că toate reprezintă *compuși ai carbonului.* Este firesc deci că în explicarea originii vieții trebuie pornit de la cercetarea modului de apariție și de evoluție a acestor compuși. Aceasta este ideea centrală a ipotezei lui A. I. O p a r i n, privind originea vieții. Principial, ipoteza este astăzi general acceptată, deși interpretarea diferitelor detalii ale procesului se deosebește de la autor la autor.

Întregul proces, începînd de la formarea elementului carbon și a primilor săi compuși, pînă la apariția primelor sisteme biologice, s-a desfășurat în timp foarte îndelungat.

Unele momente ale acestui proces pot fi surprinse în evoluția actuală a diferitelor corpuri cerești. Pe Pămînt, evoluția compușilor carbonului poate fi delimitată în mai multe etape pe care le vom examina după ce vom prezenta cîteva date privind stadiul cosmic al acestui proces.

1.5.1. APARIȚIA ȘI EVOLUȚIA CARBONULUI ȘI A COMPUȘILOR SĂI ÎN COSMOS

După cum s-a arătat în prima parte (pag. 15—18), în alcătuirea materiei vii intră numeroase elemente chimice, între care, cîteva esențiale (C, H, O, N, S, P).

De aceea, problema originii vieții este indisolubil legată de originea elementelor chimice componente, ca și de a planetelor pe care s-a produs ulterior evoluția chimică și biologică a materiei. Examinarea originii sistemelor stelare și planetare este cu atît mai necesară cu cît ea oferă explicația căilor specifice ale evoluției fiecărei planete, deci și a căilor care au avut ca rezultat, în anumite împrejurări, apariția vieții.

Astăzi se acceptă ideea că stelele apar ca rezultat al concentrării gravitaționale a unor uriași nori reci, alcătuiți din elemente chimice ușoare, mai ales H.

Concentrarea gravitațională, prin transformarea energiei gravitaționale în cea termică, a dus treptat la încălzirea materiei din aceste aglomerări, la început difuze. Pe măsura creșterii temperaturii din aceste „protostele“, atomii de H încep să fie ionizați în număr tot mai mare, iar frecvența și forța de ciocnire a protonilor de H devine tot mai mare. Cînd temperatura depășește cîteva zeci de mii de grade C, prin contopirea protonilor încep să se formeze nuclei de He (particule α), iar o parte din substanță se transformă în energie radiantă. Reacția aceasta, denumită *proton-protonică,* se desfășoară după următoarea schemă (fig. 11).

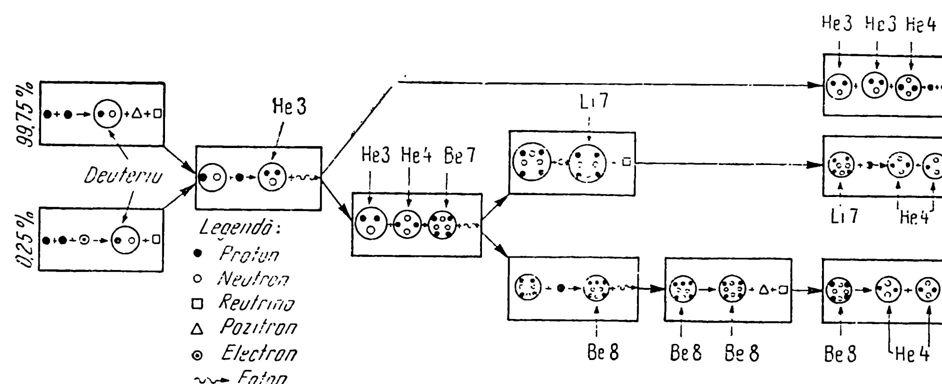


Fig. 11. Înlănțuirea reacțiilor proton-protonice ducînd în final, prin fuziunea nucleilor de hidrogen, la formarea heliului. În fazele intermediare, reacțiile nucleare duc la formarea unei serii de alte elemente, ca litiu, bor, beriliu (modificat, după F. N. Parker, 1975).

Reacţiile colaterale, care se produc paralel cu cea proton-protonică, duc la apariţia altor elemente ca Li, Be, Bo.

La temperaturi mai ridicate, de milioane de grade, în prezenţa nucleelor de ^{12}C, formarea de He se produce şi mai energic, are loc fuziunea nucleelor de H şi He, dînd naştere la alte elemente chimice: C, O, Ne. Cînd temperatura în interiorul stelelor ajunge la miliarde de grade, se formează nuclee de Mg, Si, S, Ar, Ca, apoi nuclee de Fe, Ni şi, probabil, de alte metale.

În această serie de reacţii, pe măsură ce se formează elementele tot mai grele, energia degajată scade pentru că formarea nucleelor metalelor grele este însoţită de absorbirea de energie şi nu de degajarea ei. Aceasta face ca în evoluţia majorităţii stelelor aceste elemente fie să nu apară, fie să se formeze în cantităţi mici. Sursa principală de formare a acestor elemente o reprezintă exploziile stelare, cu apariţia unor stele, aşa-numite *nove* şi *supernove*.

Astronomii înregistrează cam 25 de nove anual într-o galaxie. În timpul unei asemenea explozii, se elimină în spaţiul cosmic o parte din materia stelară, îmbogăţind acest spaţiu cu diferite elemente şi cu praf cosmic. Cam o dată la un secol se înregistrează într-o galaxie, inclusiv în a noastră, o explozie de *supernove*.

Puterea acestor explozii este atît de mare încît aruncă în spaţiul cosmic o bună parte din masa stelei respective şi duce la eliberarea unor imense cantităţi de energie. În timpul exploziilor, o mare cantitate de neutroni sînt expulzaţi din interiorul stelei, iar captarea lor de către nucleele diferitelor elemente duce la creşterea greutăţii lor atomice, deci la formarea de elemente grele a căror cantitate creşte în spaţiul cosmic.

Examinarea compoziţiei şi a vîrstei stelelor dintr-o galaxie, inclusiv a noastră, arată că spre centrul galaxiei sînt grupate mai ales stelele cele mai vechi (aşa-numita grupa II), avînd aproximativ vîrsta întregii galaxii (12—20 miliarde ani). Asemenea stele, formate într-un mediu în care predomină H, sînt alcătuite mai ales din acest element, metalele ocupînd un loc secundar. Stelele din grupa I, de vîrstă mai recentă (circa 5 miliarde ani), dintre care face parte şi Soarele, sînt situate mai spre exterior şi ele s-au format într-un mediu diferit faţă de cel în care s-au format stelele din grupa II. Acest mediu, mai bogat în diferite elemente, între care şi cele grele, în urma exploziilor supernovelor, a făcut ca stelele din grupa I să conţină un amestec bogat de elemente chimice deschizînd posibilităţi mai variate evoluţiei chimice.

Cele relatate arată că, dacă formarea elementelor grele necesită explozii de supernove, elementele uşoare şi mai puţin grele se formează în procesul normal al evoluţiei stelelor. Aceasta face ca elementele biogene esenţiale cum sînt C, H, O, N, S, P să fie dintre cele mai răspîndite în univers şi, alături de ele, gaze nobile ca He şi Ne, precum şi alte elemente ca Mg şi Na, Cl, Ca, Fe.

În ceea ce priveşte elementul C, cantitatea relativă a acestuia în cosmos este mult mai mare decît în scoarţa Pămîntului (cam de 1000 ori). Astfel, valoarea raportului C/Si în cosmos este de 3,8 iar în scoarţa Pămîntului de $2{,}7 \cdot 10^{-3}$.

Studiul diferitelor tipuri de corpuri cereşti arată primele etape ale evoluţiei compuşilor carbonului în cosmos, pe măsura scăderii tempera-

turii. Astfel, în stelele de tipul *O*, avînd temperaturi de milioane de grade, carbonul este în stare subatomică, ionizată. Odată cu scăderea temperaturii, în stelele de tipul *B* se pot constitui atomi neutri de carbon. Primii compuşi ai corbonului sînt de tipul hidrocarburilor şi apar în stele de tipul *A*. Este vorba de metin —CH. În atmosfera stelelor cu temperaturi mai scăzute apare şi prima combinaţie cu azotul, cian — CN. La temperaturi şi mai scăzute apare dicarbonul —C_2. În atmosfera Soarelui (5 000°—7 000°C) a fost identificat metanul şi este probabilă prezenţa altor compuşi cu mai mulţi atomi de carbon şi de hidrogen.

Cercetările spectroscopice arată că în atmosfera multor stele atomii de C se constituie în molecule de grafit care, sub formă de praf carbonic este eliminat în spaţiul cosmic datorită presiunii luminii.

Aceste particule carbonice fac posibilă desfăşurarea în spaţiul cosmic, a numeroase reacţii cu alte substanţe ce se întîlnesc acolo, îmbogăţind acest spaţiu în variaţi compuşi ai carbonului.

Într-adevăr, cercetările din ultima vreme arată că în spaţiul cosmic interstelar sînt răspîndite neaşteptat de multe substanţe organice, ca şi alţi compuşi esenţiali pentru apariţia şi evoluţia vieţii. Astfel, s-a dovedit că norii imenşi interstelari sînt alcătuiţi din aldehida formică, pe lîngă care în cantităţi apreciabile sînt molecule de amoniac şi de apă. Concentraţia primelor două substanţe ajunge pînă la 10^3 molecule/cm^3. Reacţiile variate care se produc între aceste substanţe fac ca evoluţia chimică în spaţiul interstelar al galaxiei noastre să meargă mai departe decît s-ar fi putut crede şi a dat naştere la numeroşi compuşi chimici. Pînă în prezent au fost identificaţi aproape 30 de compuşi, dintre care menţionăm doar pe cei mai importanţi: ^{12}CH (metin, identificat în 1937), CN (cian, identificat în 1940); $H{-}C{\equiv}N$ (acid cianhidric, 1970); $H{-}C{\equiv}C{-}C{\equiv}N$ (cianacetilena, 1970); CH_3OH (alcool metilic, 1970); CHOOH (acid formic, 1970); CH_3CHO (aldehida acetică, 1971); H_2CS (tioformaldehida, 1971); CH_4 (metan) etc. Dintre aceste substanţe, este de subliniat prezenţa acidului cianhidric şi, mai ales, a cianacetilenei. Legăturile triple conţin o cantitate însemnată de energie care, în esenţă, provine din energia stelelor. Moleculele respective sînt deosebit de reactive şi, în contact cu diferite alte molecule, pot înlesni numeroase reacţii şi, deci, sinteza de diferiţi compuşi ai carbonului.

Examenul făcut al evoluţiei chimice în spaţiul cosmic arată că numeroşi compuşi chimici organici, luînd naştere pe cale neîndoielnic abiogenă, sînt răspîndiţi în spaţiul universal şi în cele mai diferite corpuri cereşti. Substanţe esenţiale ca apa, amoniacul, aldehida formică, derivaţi ai acidului cianhidric, de la care pornind pot lua naştere cei mai variaţi şi complecşi compuşi ai carbonului, sînt abundente în spaţiul galaxiei noastre.

O altă sursă de informaţii asupra evoluţiei compuşilor carbonului în cosmos o reprezintă meteoriţii.

În prezent, se acceptă ideea că meteoriţii reprezintă rezultatul condensării substanţelor din nebuloasa solară şi, deci, au vîrsta sistemului nostru solar reflectînd, într-o anumită măsură, compoziţia chimică a norului protoplanetar din care au luat naştere şi planetele de tip terestru. Vîrsta meteoriţilor se evaluează la peste 4 miliarde ani.

Meteoriţii sînt de trei categorii:

1. *Siderite* (meteoriţi feroşi), conţinînd pînă la 28% *fier metalic.*

2. *Siderolite,* conținînd *fier* și *silicați* în proporții aproximativ egale.

3. *Aerolite* (meteoriți pietroși), în care predomină *silicații.* Aceşti din urmă meteoriți au structură condritică datorită proporției mari a condritelor (globule formate din cristale de olivină şi piroxen cimentate cu un silicat sticlos).

În aproximativ 20 de aeroliți s-a constatat prezența carbonului, în proporții de 0,46—3,54%. Acești meteoriți au fost denumiți *carbonici.* Conținutul maxim de C s-a constatat în meteoritul „Ivuna" în care ajunge la 4,83%. Aceşti meteoriți conțin și apă, probabil de origine extraterestră, deoarece conține procentul cel mai ridicat de deuteriu (hidrogen greu) cunoscut în natură (meteoriții „Orgueil" și „Ivuna").

Meteoriții carbonici prezintă, desigur, un interes deosebit pentru problema originii vieții. În aceştia au fost identificați o serie de compuşi ai carbonului:

Unele substanțe organice identificate în meteoriți carbonici:

— hidrocarburi cu lanțuri lungi de carbon (15—30 atomi C);
— benzoli;
— acenafteni;
— fenantreni;
— antracen;
— piren;
— derivați ai acidului benzoic;
— acizi aromatici;
— acizi grași;
— aminoacizi bazici, acizi neutri și aromatici — cei mai răspîndiți — serina, glicina, alanina (în total 17 aminoacizi);
— hidrați de carbon (manoza, glucoza, arabinoza);
— compuşi azotați ciclici: melamina, amelina, adenina, guanina.

După cum se vede din această enumerare, în meteoriții carbonici au fost găsite toate grupele principale de compuşi care intră în alcătuirea materiei vii de pe Pămînt.

Evident, se pune problema originii acestor compuşi. Există două răspunsuri posibile: ei au origine biogenă, deci sînt produşi ai activității unor organisme ce au trăit pe corpul ceresc din care provin meteoriții, sau au origine abiogenă și, deci, sînt rezultatul evoluției materiei anorganice, fără prezența vieții. Pentru această din urmă soluție pledează o serie întreagă de constatări: modul cum sînt incluse aceste substanțe în mineralele meteoriților, lipsa oricărei activități optice a acestor compuși (se știe că substanțele organice de origine biogenă au activitatea optică în sensul că rotesc planul de polarizare a luminii spre stînga — sînt, deci, levogire), conținutul crescut în izotopi grei ai carbonului — ^{13}C şi mai ales în deuteriu.

Cercetarea atentă a substanțelor organice din meteoriți furnizează şi alte argumente în favoarea originii lor abiogene. Astfel, analiza cromatografică a hidraților de carbon din unii meteoriți („Orgueil", „Murchison") arată că ei sînt diferiți de cei din probe terestre, în care aceste substanțe sînt de origine biologică. Acizii grași cu lanțuri neramificate, ca şi porfirinele neramificate — substanțe în mod obişnuit sintetizate doar de organisme și identificate în unii meteoriți — ar pleda pentru originea lor biogenă. Dar faptul că asemenea compuşi au fost obținuți

în experiențe de modelare a condițiilor prebiologice arată că structura lor neramificată nu este un argument decisiv pentru originea lor biologică.

Cercetarea amănunțită a aminoacizilor și a hidraților de carbon din meteoritul „Murchison" (căzut în Australia în 1969), efectuată în 1971, a dus la concluzia originii lor abiogene. O dovadă în acest sens o reprezintă și faptul că printre aminoacizii determinați se află unii ca sarcozina, 2-metilalanina și alții, care nu intră în componența proteinelor cunoscute.

Un argument pentru originea biogenă îl reprezintă pericolul real de *contaminare* a eșantioanelor examinate cu substanțe organice de origine biologică terestră. De pildă, pe pielea mîinilor au fost identificați aproape 20 aminoacizi. Evident că prin manipularea neatentă a meteoriților se poate produce o asemenea contaminare. Totuși, pentru grupe întregi de alte substanțe organice, nu se pune problema contaminării.

În concluzie, datele privitoare la evoluția carbonului și a compușilor lui în cosmos arată că în acest proces au putut să apară pe cale abiogenă numeroase substanțe organice de la cele mai simple pînă la substanțele complexe cu rol primordial în structura și funcționarea sistemelor vii.

1.5.2. EVOLUȚIA COMPUȘILOR CARBONULUI PE PĂMÎNT

Poate fi împărțită în două etape.

Apariția moleculelor organice simple. Pentru abordarea acestei probleme se merge pe două căi: *a*) una constă în încercarea de a reconstitui condițiile fizico-chimice de pe Pămînt de acum cîteva miliarde de ani, spre a putea descifra căile concrete pe care le-a urmat evoluția materiei de la anorganic la organic și apoi la viu. Această abordare se bazează pe cercetări astronomice, geochimice și geologice. În ultima vreme ea a dat rezultate promițătoare; *b*) a doua cale de abordare a problemei constă în verificarea experimentală a concluziilor privind posibilitatea apariției abiogene a diferitelor categorii de substanțe organice.

Să examinăm pe scurt rezultatele primei căi de cercetare.

Accentul principal al acestor cercetări s-a pus pe cunoașterea compoziției atmosferei primitive și a păturii superficiale ale scoarței primitive, pentru că ele au determinat condițiile de formare a substanțelor organice și, deci, a vieții.

Rezolvarea acestei probleme este strîns legată de originea Pămîntului și a întregului nostru sistem planetar.

Ipoteza cea mai acceptabilă în prezent constă în aceea că sistemul nostru solar a luat naștere dintr-un nor imens de materie interstelară. În centrul sistemului, prin concentrare și încălzire gravitațională, s-a format soarele și, din cauza rotației, norul protoplanetar a căpătat o formă discoidală. Compoziția chimică a acestui nor se apropie de aceea a materiei interstelare și a Soarelui: H — peste 60% din greutate, He — circa 30%; C, N, O — aproximativ 1—2%; elemente grele sub 1%, gaze nobile, NH_3, CH_3, H_2O, S, Si, Mg, Fe etc. În zona centrală a norului, mai aproape de Soare, temperatura era ridicată, scăzînd mult spre periferie. Aceasta a făcut ca în procesul de formare a planetelor rolul dife-

ritelor elemente și compuși să fie deosebit și, deci, fiecare planetă, în funcție de poziția sa, a evoluat pe o cale proprie, specifică (vezi paragraful *Viața extraterestră).*

Planetele care se formau în zona centrală a norului protoplanetar încorporau mai ales elemente și compuși cu punctul de fuziune ridicat (S, Si, Mg, Fe și alte elemente mai grele). Componentele gazoase (H, He, gaze nobile) erau reținute în proporție foarte mică și se îndepărtau spre periferia norului, iar compuși cuprinzînd C, N, O_2 (NH_3, CH_4, H_2O) erau reținuți mai ales sub forma de combinații cu elementele din prima grupă (S, Si, Mg, Fe etc.). Astfel, de pildă, apa era reținută mai ales sub formă de hidrați.

În această etapă inițială, denumită faza planetară, se constituie planeta Terra. Procesele caracteristice ale fazei sînt pe de o parte pierderea în spațiul cosmic a unei mari părți a H și a altor elemente ușoare, iar pe de altă parte, trecerea masei planetei dintr-o stare relativ omogenă la diferențierea structurii interne, pe măsura încălzirii gravitaționale. Acest din urmă proces duce la formarea treptată a scoarței, urmată de o manta și apoi de un nucleu central al planetei. Fiecare din aceste structuri a dobîndit o alcătuire caracteristică. Formarea bazaltelor la baza scoarței și la suprafața mantalei, ca de altfel și a granitelor care acoperă bazaltele, a fost însoțită de intense emanări de gaze și vapori de apă care, treptat, au alcătuit cea de „a doua atmosferă" (atmosfera secundară) a Pămîntului.

Odată cu aceste procese (formarea atmosferei secundare, diferențierea scoarței), care s-au petrecut aproximativ acum 4,6 miliarde de ani, începe faza evoluției geologice a Terrei.

În procesul de degazeificare a rocilor vulcanice s-au degajat mari cantități de CO_2, N_2 și probabil metan, apărut din reacția carburilor metalice cu apa. Geochimiștii și geologii consideră că actuala compoziție a gazelor de origine vulcanică este probabil foarte apropiată de aceea a gazelor eliminate în această fază de început a evoluției geologice.

Vaporii de apă reprezintă componenta principală a acestor gaze, ajungînd la 90%. Restul (10%) are următoarea alcătuire aproximativă (în% din volum, fără apă):

CO_2	66,7 %	SO_2	7,8%
CO	2,0 %	H_2S	3,8%
CH_4	0,17%	HCl	7,5%
H_2	9,3 %	HF	0,9%
		N_2	1,8%

Dintre aceste componente, gazele acide (SO_2, HCl, HF și poate și altele) se combină cu compuși din rocile scoarței primitive, astfel încît în atmosferă se acumulau, pe lîngă apă, CO_2, H_2, N_3 și cantități mici de CO.

Odată cu scăderea temperaturii sub 100°C, începe condensarea vaporilor de apă și formarea oceanelor, mărilor, lacurilor, rîurilor. Cantitatea de apă din atmosferă scade mult. CO_2 și H_2S ușor solubili în apă trec în apa sub formă lichidă. În atmosferă creștea concentrația de H_2, CO și CH_4 greu solubili. Deci și în această perioadă atmosfera avea un caracter net reducător. Este foarte probabil că în această atmosferă, sub influența descărcările electrice, se forma amoniacul (NH_3) care, de asemenea, se

dizolva în apă. La rîndul lor apele ce se scurgeau de pe uscat aduceau în stare dizolvată, în apa mărilor, mari cantități de diferite substanțe minerale, printre care un rol deosebit de important revenea compușilor cu fosfor.

Prin urmare, în această fază existau în atmosfera Pămîntului și în apa oceanelor cele patru elemente esențiale H, O, C, N, sub forma a trei compuși H_2O (sursa de H și O), CH_4 și NH_3 și, probabil, N_2.

Mai trebuie subliniat ca foarte probabil faptul că o cantitate apreciabilă de C de pe Pămînt provine din compușii organici de origine cosmică, abiogenă, care au intrat în alcătuirea planetei din norul protoplanetar.

Se presupune că pornind de la aceste substanțe, avînd ca sursă de energie descărcările electrice, razele ultraviolete și (poate) energia radioactivă a Pămîntului, s-au putut forma diferite feluri de substanțe organice cu molecula simplă, dintre care șase grupe sînt esențiale pentru apariția sistemelor vii: glucide, glicerina, acizi grași, aminoacizi, baze purinice și baze pirimidinice. Se admite că toți acești compuși au putut să apară pe cale naturală, din substanțele simple inițiale.

În sprijinul acestei ipoteze vin o serie de cercetări geochimice ale mineralelor din scoarța terestră, precum și numeroase cercetări experimentale din ultima vreme. Astfel, cercetările geochimice și mineralogice au arătat că, odată cu succesiunea fazelor de formare a mineralelor — magmatică, pegmatitică, hidrotermală —, în asociere cu minerale caracteristice fiecărei faze se formează și anumite grupuri de compuși ai carbonului. Astfel, în primele două faze (magmatică și pegmatitică), caracterizate prin temperaturi și presiuni ridicate, nu se pot forma decît compuși simpli ai carbonului ca C_2, C_3, CH, CH_2, CN, CP, CH_4, CO și, pe lîngă aceștia, N_2, NH_2, H_2S, CO_2 precum și diamant și grafit.

Odată cu scăderea temperaturii și trecerea la procese postmagmatice (mai ales hidrotermale) se creau condiții pentru apariția de compuși mai complecși de polimerizare a compușilor simpli. În roci și minerale de acest tip au fost identificate numeroase substanțe organice complexe — kerita, asfalt, petrol, porfirine, derivați ai acidului benzoic, hidrocarburi aromatice și chiar substanțe proteice, purine, pirimidine, acizi humici.

Aceste date reprezintă o confirmare, ce-i drept încă indirectă, a originii abiogene a substanțelor organice de diferite grade de complexitate pe suprafața Pămîntului, ca rezultat al evoluției materiei anorganice.

Confirmarea directă a acestei ipoteze este adusă de cercetări experimentale din ultima vreme. Toate experiențele efectuate pornesc, în esență, de la ideea că reconstituind componența chimică a atmosferei primitive reducătoare și utilizînd surse de energie disponibile în acele epoci îndepărtate, s-ar putea obține sinteza substanțelor organice decisive *pe cale nefermentativă* (deci abiogenă).

Primele experiențe de acest gen au fost întreprinse de Stanley L. Miller (1953). Pornind de la ipoteza lui A. I. Oparin privind alcătuirea atmosferei primitive, el a supus, timp de o săptămînă, descărcărilor electrice generatoare de ultraviolete un amestec de H (13%), CH_4 (26%), NH_3 (26%) și vapori de apă (35%), cuprins într-un balon de 5 l, la temperatura de 60°C. Analiza atentă a lichidului format

și a gazelor din balon a dus la identificarea, pe lîngă substanțele inițiale, a numeroși compuși printre care amintim: CO, CO_2, N_2, acidul cianhidric, acidul formic, aldehida formică, glucide, grăsimi, acidul acetic, uree, numeroși aminoacizi (glicocol, alanina, glicina, sarcozina, β-alanina, α-aminobutiric, glutamic, asparagic).

Din experiențele sale, Stanley Miller a tras unele concluzii de mare însemnătate. El consideră că primii produși ce se sintetizează în prezența descărcărilor electrice par a fi acidul cianhidric și aldehide. Acidul cianhidric reprezintă un produs intermediar, esențial în sistemele prebiologice de substanțe organice. În prezența oxigenului reacțiile nu se produc, ceea ce confirmă ipoteza atmosferei primitive reducătoare.

Un pas înainte în această cercetare au reprezentat experiențele lui A. Pasînschi și T. Pavlovskaia. Pentru a vedea cum au putut evolua mai departe substanțele organice *dizolvate în apă* (deci reproducînd condiții din oceanul primitiv), au luat ca punct de plecare unele substanțe organice simple apărute în experiențele lui Miller. Lucrînd pe diferite variante, acești autori au iradiat cu ultraviolete soluții de aldehidă formică sau aldehidă acetică și clorură de amoniu sau azotat de amoniu.

Rezultatul, din diferite experiențe, a fost obținerea a numeroși compuși printre care cităm: aminoacizi (lizina, arginina, serina, acid glutamic, alanina, triptofan, fenilalanina, leucina, histidina, acid asparagic, glicina, treonina, prolina, tirozina, valina, izoleucina, ornitina, α-aminobutiric), imidazol și derivați ai lui, amine și amide (metilamina, etanolamina, izopropilamina etc.), ureea și urotropina, indol și derivați ai lui, acizi organici (formic, acetic, propionic, valerianic, capronic etc.).

Pornind de la aceeași compoziție a atmosferei reducătoare, Cyril Ponnamperuma obține baze purinice și pirimidinice, prin iradiere cu electroni avînd o energie apropiată de a radioactivității naturale sau a razelor cosmice. Prin acțiunea ultravioletelor sau a razelor gamma și asupra soluției de aldehidă formică s-au putut obține pentozele — riboza și dezoxiriboza. În felul acesta apar compușii esențiali ai acizilor nucleici. Sub acțiunea ultravioletelor asupra unei soluții conținînd adenină, riboză, compuși fosforici, s-a obținut A.M.P. (adenozinmonofosfat) din grupul de compuși macroergici care reprezintă „acumulatorul" universal de energie în sistemul biologic. Amintim și faptul că, pornind de la nucleotide, pe aceeași cale —nefermentativă — s-au putut obține lanțuri de nucleotide.

Concluzia pe care o impun toate aceste fapte este că în apele primitive de pe suprafața Pămîntului se putea acumula o cantitate apreciabilă de variate substanțe organice cu molecule relativ simple. Pe baza lor s-a desfășurat cea de a doua etapă a procesului.

Apariția substanțelor organice macromoleculare. Acest proces care a precedat nemijlocit apariția primelor sisteme vii ridică numeroase probleme, în mare măsură nerezolvate încă.

Așa cum o cunoaștem *astăzi*, funcționarea materiei vii implică desfășurarea rapidă a numeroase reacții chimice (cu ajutorul fermenților), transfer de energie (cu ajutorul cofermenților), păstrarea și transmiterea informației necesară reproducerii exacte a macromoleculelor (cu ajutorul unei anumite structuri a acizilor nucleici și a substanțelor proteice).

Toate aceste procese presupun astăzi participarea unor macromolecule cu structuri ordonate, cu anumite succesiuni ale monomerilor. La început, cînd au apărut substanțele organice macromoleculare, aceste procese au trebuit să se desfășoare altfel.

În apele Pămîntului primitiv, după cum am arătat, au putut să apară numeroase substanțe organice. Numai unele dintre ele au intrat în alcătuirea macromoleculelor. De pildă, dintre toate glucidele, în construirea acizilor nucleici au intrat numai pentoze.

Nu știm ce a determinat participarea unor anumite substanțe la aceste procese și nu a altora, care puteau fi chiar mai abundente. Cum au putut lua naștere structurile macromoleculare ordonate — de pildă a substanțelor proteice sau ale altor substanțe? Aici se ridică mai întîi problema *locului*, a mediului în care s-a putut produce acest proces. Unii autori susțin că acesta s-a putut produce chiar în apele oceanului primitiv, alții că s-ar fi produs în ape stătătoare de mică adîncime sau în estuarele puțin adînci ale unor rîuri sau chiar sub învelișul rocilor detritice. Argumentul principal pentru ideea că procesul s-a desfășurat în ape de mică adîncime, cu fund de nămol, argile sau chiar alte roci îl constituie ipoteza după care combinarea ordonată a monomerilor s-a produs, sub influența eventual a unor catalizatori anorganici, pe anumite substraturi solide pe care se putea produce concentrarea și, totodată, ordonarea moleculelor mici. Se crede că asemenea substraturi puteau fi nămoluri, argile aluminosilicioase, siliciu, cristale de hidroxid de fier sau alte cristale, care puteau adsorbi pe suprafața lor moleculele organice mici, înlesnind cataliza polimerilor cu o anumită ordine a monomerilor. Deci regularitatea acestor structuri organice ar fi fost astfel impusă de regularitatea structurilor cristaline.

Chiar dacă se admite această ipoteză, nu știm cum a putut să treacă mai tîrziu această funcție de ordonare a structurilor organice de la minerale la macromolecule. Este posibil că macromoleculele odată apărute în acest fel au permis multiplicarea structurilor în cadrul procesului elementar de autoreproducere, adică însăși unele din molecule să fi căpătat însușirea de catalizatori. În orice caz moleculele cu asemenea calități erau probabil favorizate față de altele. Cu alte cuvinte, se admite de către unii biologi că încă în acel stadiu prebiologic putea apare *un fel de protoselecție, care favoriza apariția și persistența moleculelor mari cu funcții ce deschideau perspective ulterioare de evoluție a materialului organic.*

Pentru lămurirea acestui proces sînt semnificative experiențele lui S. W. F o x care, în ultimul deceniu, a obținut numeroase polimerizări de aminoacizi, utilizînd ca sursă de energie căldura. Rezultatul cel mai interesant este obținerea, pornind de la acizii aspartic și glutamic, a unor copolimeri cu greutate moleculară cuprinsă între 5 000 și 25 000. Aceste substanțe au fost denumite *proteinoizi* din cauza numeroaselor însușiri ce le apropie de proteine. Astfel, proteinoizii au unele însușiri nutritive: experiențe „in vivo“ și „in vitro“ arată că ei sînt hidrolizați de proteaze iar fragmentele rezultate sînt încorporate în țesuturi, deci au calități nutritive. Structura proteinoizilor este *ordonată* și ei posedă o anumită activitate catalitică. Spre deosebire de proteinele adevărate, proteinoizii nu posedă structura helicoidală și nu au activitate antigenică.

Ceea ce trebuie subliniat ca semnificativ în experiențele lui Fox este obținerea structurilor ordonate fără ajutorul vreunui substrat ordonat. Ordinea este determinată, în acest caz, chiar de structura și funcțiile proprii ale aminoacizilor implicați.

Apariția coacervatelor. Apariția însușirii de autoreproducere în forma ei cea mai elementară — la nivelul molecular — a reprezentat în orice caz un moment hotărîtor în apariția sistemelor vii. Astăzi acest fenomen este rezultatul unor complexe procese metabolice, în care pentru sinteza acizilor nucleici este nevoie de substanțe proteice iar pentru sinteza acestora din urmă sînt necesari acizi nucleici. Desigur că inițial procesele elementare de creștere și înmulțire au trebuit să se desfășoare altfel. Probabil, după cum presupun Oparin și alți biologi, aceste procese au apărut prin *formarea coacervatelor* în soluția primitivă de substanțe organice macromoleculare.

După cum au arătat cercetările experimentale, coacervatele apar spontan în soluții prin agregarea diferitelor substanțe polimerizate. Condiția de formare a coacervatelor nu constă într-o anumită ordine a monomerilor din macromolecule, ci doar într-un anumit grad de polimerizare.

Experiențe făcute cu proteinoizi sugerează modul de formare și însușirile coacervatelor. În apa sărată proteinoizii tind să se aglomereze formînd *mici sferule,* avînd dimensiunile apropiate de ale bacteriilor. Aceste formațiuni, denumite „microsfere", nu sînt de fapt decît tot coacervate. Microsferele au o stabilitate destul de pronunțată. Asemănător cu bacteriile, ele se colorează cu coloranți Gram pozitiv și Gram negativ. Ca și preparatele bacteriene, se pot colora cu tetraoxid de amoniu. Dacă *p*H-ul mediului este destul de ridicat, se formează la microsfere o membrană proteică asemănătoare cu membrana celulară. Microsferele au tendința de a-și spori volumul pe seama substanțelor exterioare și de a se *divide.* Supuse unei ușoare presiuni, tind să se aranjeze în lanțuri asemănîndu-se cu alge coloniale microscopice.

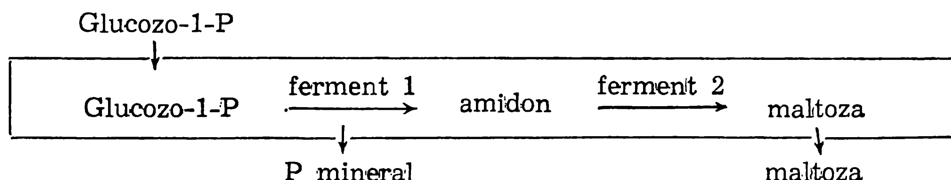
S-a putut pune în evidență și o mișcare internă a substanțelor din interiorul microsferelor: dacă în microsfere se introduce Zn iar în suspensie există ATP, se produce o absorbție de ATP; se constată o accelerare a hidrolizei ATP în ADP în interiorul microsferelor și *eliberare de energie.*

Utilizînd coacervate artificiale ca modele a unor sisteme deschise primitive s-a putut arăta că, în condițiile unor soluții apropiate de cele ale apelor de pe suprafața primitivă a Pămîntului, coacervatele concentrează în ele polimeri ca polinucleotide și polipeptide. Asemenea coacervate sînt capabile să adsoarbă în mod selectiv diferite substanțe din soluția înconjurătoare.

Dacă în coacervate apar catalizatori, sau chiar și fără aceștia dar sub influența radiațiilor ultraviolete, anumite reacții din coacervate sînt accelerate, ceea ce determină o adsorbție mai activă a unor substanțe și, în consecință, creșterea coacervatelor. Produsele reacțiilor din interiorul coacervatului fie se acumulează în acesta, fie sînt eliminate în mediu. Prin urmare, într-o formă foarte primitivă, prebiologică, apare un schimb de substanțe (și energii) între coacervat și mediu — *o formă primitivă de metabolism.*

Coacervatele, microsferele lui Fox, sau alte formațiuni asemănătoare interacționează deci cu soluții ambiante ca niște *sisteme deschise* a căror stabilitate nu mai este statică ci dinamică.

Redăm mai jos schema uneia din experiențele care demonstrează cele spuse. Coacervatul, alcătuit dintr-o histonă și un poliglicozid (amidon) este reprezentat printr-un dreptunghi. El cuprinde și doi fermenți: glucoziltransferaza (ferment 1) și β-amilaza (ferment 2).



În soluția înconjurătoare există glucozomonofosfat. În prezența fermentului 1 glucozomonofosfatul pătruns în coacervat este transformat în amidon, făcînd posibilă pătrunderea unor noi cantități de glucozo-1-P. Dar sub acțiunea β-amilazei amidonul se transformă în maltoză, care este eliminată în mediu, unde nu exista.

Experimental, s-a putut arăta că menținerea și creșterea coacervatelor depind nu numai de compoziția lor, de substanțele și catalizatorii prezenți, dar sînt influențate și de o anumită organizare spațială a coacervatului.

În prezența catalizatorului polinucleotidele se pot reduplica, ducînd de asemenea la *creșterea* coacervatelor.

Creșterea coacervatelor dincolo de anumite limite duce ușor la *fragmentarea lor în coacervate mai mici* care, la rîndul lor, continuă să crească pe seama substanțelor din soluție.

În felul acesta, *pe lîngă forma elementară a nutriției a putut apare și aceea a înmulțirii.* Se consideră că în această etapă, de trecere de la materia lipsită de viață la cea vie, a apărut și o *primă formă a selecției* (un fel de protoselecție) și anume *coacervatele* care, prin compoziția și organizarea lor, reușeau să crească mai repede, să fie mai stabile, să se reproducă mai bine, erau favorizate, celelalte cu timpul se dezagregau.

Se consideră, de asemenea, că în această etapă a putut apare și o formă primitivă a procesului sexual, constînd în contopirea coacervatelor mai mult sau mai puțin diferite. Dar totodată, prin asemenea contopiri, luau naștere coacervate cu potențialități mai bogate. Cu alte cuvinte, pe această cale a putut apare și *o primă formă a recombinării sexuale a caracterelor,* ceea ce, evident, ducea la sporirea posibilităților de acțiune a selecției.

După toate probabilitățile deci, aceasta a fost veriga imediat premergătoare apariției primelor și celor mai primitive organisme adevărate.

Cînd se pot situa în timp, pe suprafața Pămîntului, primele etape ale evoluției vieții?

Mijloace moderne de investigare arată că *rocile cele mai vechi,* a căror vîrstă a putut fi determinată, sînt *gneisuri* și *granite* din Guyana: aproximativ 4,1 miliarde ani. Din acea perioadă nu se cunosc resturi de ființe determinabile.

În rocile avînd o vîrstă cuprinsă între 1—2,5 miliarde ani s-au putut identifica unele *grupe de organisme*. Cele mai vechi documente în acest sens sînt *calcarele* din seria dolomitică, cu *stromatolite* (alge) din sudul Rhodesiei, avînd o vîrstă de 2,7 miliarde ani. Analiza calcarelor arată că s-au format într-o mare puțin adîncă, iar atmosfera conținea puțin oxigen. O vechime de peste 2 miliarde ani au calcarele dolomitice din Hoggar (Africa), conținînd stromatolite. Pe Coasta de Fildeș, tot în calcare cam de aceeași vechime, a fost identificat un foraminifer, denumit *Arnoldia antiqua*. În formația Gunflint (Ontario—Canada), avînd o vîrstă de peste 1 miliard ani, au fost identificate *sporomorfe, cianoficee* sau *alge verzi* coloniale. În perioada de acum 600 milioane ani și pînă la 1 miliard ani au fost identificate forme superior organizate ca *celenterate, spongieri, brahiopode* nearticulate, *anelide*. În formațiuni mai tinere de 600 milioane ani fosilele sînt determinabile mai precis, dînd posibilitatea urmăririi concrete a evoluției formelor de viață.

1.5.3. NECESITATE ȘI ÎNTÎMPLARE ÎN APARIȚIA VIEȚII

Deși cunoștințele noastre despre căile posibile ale apariției materiei vii sînt astăzi destul de avansate, nu există un acord deplin asupra caracterului necesar sau întîmplător al apariției vieții.

Unii biologi și filozofi sînt de părere că, probabil, în apele Pămîntului primitiv din substanțe organice simple, apărute pe cale abiogenă și dizolvate în acele ape, printr-o combinare fericită au apărut întîmplător primele (poate chiar prima) molecule de acizi nucleici cu structura ordonată. Odată apăruți, aceștia au servit drept matrițe pentru sinteze de proteine și, deci, pentru apariția citoplasmei în jurul acestor „gene libere" primitive. După alte păreri, apariția proteinelor s-a putut produce pe calea combinării *întîmplătoare* a unor aminoacizi liberi. Indiferent de una sau alta din aceste posibilități, esențial este că ipoteza menționată admite că apariția vieții este rezultatul unui hazard.

Un examen critic, științific, arată că faptele cunoscute nu justifică admiterea unor asemenea ipoteze.

Din punct de vedere teoretic, ipoteza apariției întîmplătoare a vieții manifestă o îngustime de vederi. Ea echivalează de fapt cu ipoteza generației spontane însă la nivel molecular și, de aceea, este la fel de puțin verosimilă. Ea ignoră faptul că apariția materiei vii este un fenomen cosmic care, pe Pămînt, precum și pe oricare alt corp ceresc unde s-ar putea produce, s-a desfășurat pe scară planetară, ca rezultat al evoluției materiei lipsită de viață.

În această privință nu există deosebire principială între evoluția materiei anorganice și apariția materiei vii. Așa după cum în evoluția stelelor, în geneza mineralelor sau a rocilor, fiecare etapă precedentă, în anumite condiții, determină în mod necesar desfășurarea unor anumite etape ulterioare, tot astfel și apariția vieții a fost rezultatul necesar al etapelor parcurse în evoluția organizării materiei lipsite de viață.

Unii biologi și filozofi au combătut teoria apariției întîmplătoare a vieții, de pe poziții idealiste. Încercînd să demonstreze că materia vie nu a putut apare prin hazard, ei consideră că unica explicație posibilă este intervenția unei forțe supranaturale. Argumentele lor însă prezintă

o oarecare valoare pentru cea de a treia alternativă, și anume a caracterului necesar al transformării materiei nevii în materie vie pe planeta noastră. Astfel, ei admit că aminoacizii au putut apare pe cale abiogenă și, aplicînd calculul probabilităților pentru combinații întîmplătoare a douăzeci de aminoacizi, arată că probabilitatea apariției întîmplătoare a unor macromolecule proteice compatibile cu viața este atît de mică încît timpul de cîteva miliarde de ani scurs de la apariția pe Pămînt a condițiilor potrivite pentru viață abia ar fi fost suficient pentru realizarea unui asemenea eveniment.

Trebuie spus că cel puțin unele premise de la care pornesc asemenea calcule nu corespund faptelor. Astfel, aceste calcule pornesc de la ideea că apariția pe cale abiogenă a oricărui aminoacid are aceeași probabilitate. Experiențele arată însă că de fiecare dată nu apar toți cei circa douăzeci aminoacizi, iar dintre cei care apar anumiți aminoacizi sînt mai frecvenți, dominanți, alții apar în cantități mai mici. Proporțiile aminoacizilor, componența lor, variază după condițiile experimentale și sînt caracteristice acestor condiții. Important de subliniat este faptul că, practic, în toate experiențele aminoacizii cei mai frecvenți sînt tocmai aceia care sînt mai frecvenți și în structura materiei vii. Aceasta arată că de la început procesul de geneză abiogenă a aminoacizilor nu este dominat doar de legile hazardului, ci de anumite legități impuse de condițiile concrete în care se desfășoară (temperatura, surse de energie, substanțele inițiale etc.). Deci este un proces cu o anumită orientare impusă de condiții abiotice, deci necesară, și nu de forțe supranaturale.

Apariția cu precădere a unor anumiți aminoacizi a determinat în mod necesar limitarea posibilităților de combinare ulterioară a lor, orientînd mai departe acest proces pe anumite direcții. Același lucru se poate spune și despre eventualitatea apariției acizilor nucleici.

În această privință se consideră posibil că succesiunea regulată a monomerilor din macromoleculele compatibile cu viața s-a putut constitui ca un proces autoreglabil prin conexiune inversă: o anumită structură apărută inițial, datorită capacităților fizico-chimice ale monomerilor, ca în natura oricărui proces de cristalizare, a putut determina în mod automat etapele și ordinea ulterioară a desfășurării procesului.

H. H. Pattee a imaginat un model mecanic al procesului, arătînd că, prin conexiune inversă, din configurații simple pot apare succesiuni complexe, ordonate, periodice. În figura 12 este reprodus acest model și succesiunea ordonată obținută cu ajutorul lui. Modelul constă dintr-o balanță astfel construită încît, odată cu oscilarea ei, pe unul din talere să poată cădea o bilă *A* sau *B* și anume: cînd balanța este în echilibru cade pe platan bila *A*, iar cînd platanul se apleacă în jos cade bila *B*. O altă condiție a experienței este că bilele *A* sînt mai grele decît *B* (ceea ce echivalează cu inegalitatea, de pildă, a însușirilor unor monomeri). Rezultatul experienței, după cum se poate vedea, este apariția unei succesiuni ordonate, reglată prin însăși relațiile dintre părțile componente.

Dar și sub un alt aspect teoria hazardului în apariția vieții nu corespunde faptelor. Chiar dacă s-ar admite că întîmplător ar fi putut apare macromolecule proteice sau de acizi nucleici, compatibile cu viața, cunoaștem din expunerea anterioară că nu există o substanță chimică vie, nu există molecule vii. Viața apare ca un proces caracteristic *com-*

BBABAABABBAAABBAB BBABBABABBABBAABAAB
AAABBBAAAABABBBBB AABABABBBAABBABAAABA
ABBBBAAABABAAAABB AAAAABAAAA AABBBBBBBA
BABABAABBAABBBABB BABAABABBAAABBABBB BA
BBABABBABBAABAABAAABBBAAAABABBBBBAABA
BABBBAABBABAAABAABBBBAAABABAAAABB AAAA
ABAAAAAABBBBBBBABABABAABBAABBBAB BBABA

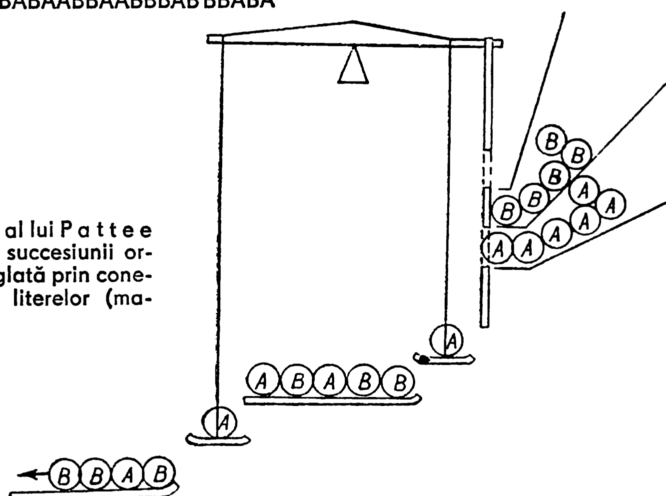


Fig. 12. Modelul mecanic al lui P a t t e e pentru a explica apariţia succesiunii ordonate a moleculelor, reglată prin conexiune inversă. Gruparea literelor (majuscule) apare ordonată.

plexelor de substanţe macromoleculare, deci caracteristic unui anumit grad de organizare al materiei şi nu unor anumite molecule izolate.

Viaţa în forma ei elementară este modul de existenţă a unor sisteme deschise, macromoleculare, capabile de autoreproducere şi autoreînnoire. Apariţia întîmplătoare a unor asemenea sisteme este la fel de puţin probabilă ca şi a unor macromolecule compatibile cu viaţa. Într-adevăr, aici nu este vorba de apariţia unor anumite structuri, ci a unei organizări cu structuri şi funcţii coordonate.

Asemenea sisteme nu pot fi decît rezultatul unei îndelungate evoluţii a formelor de organizare, în care necesitatea, manifestată sub forma legilor unei protoselecţii, canaliza permanent hazardul pe linia soluţiilor optime care, în condiţiile concrete din fiecare etapă, reuşeau să asigure cel mai bine stabilitatea şi perpetuarea unor anumite forme de organizare.

Acest lucru este confirmat atît de cercetările evoluţiei compuşilor carbonului în condiţiile cosmosului, cît şi de rezultatele studiilor geochimice. Ele arată că oriunde — în cosmos sau pe Pămînt — apar condiţii potrivite, iau naştere anumite substanţe organice, în anumite succesiuni, ducînd în mod necesar la complexificarea sistemelor deschise fizico-chimice, pînă la apariţia proceselor caracteristice vieţii — etapă calitativ deosebită în evoluţia formelor de mişcare ale materiei.

1.5.4. PROBLEMA VIEŢII EXTRATERESTRE

Pînă în prezent nu există dovezi materiale sigure privind existenţa vieţuitoarelor pe alte corpuri cereşti în afara planetei noastre. Cercetările cosmice care se desfăşoară în prezent vor permite, într-un viitor

mai mult sau mai puțin apropiat, să știm mai precis dacă pe alte planete ale sistemului nostru solar există viață sau nu.

Din punct de vedere filozofic, de pe pozițiile concepției materialist-dialectice, putem afirma că existența vieții este posibilă și pe alte corpuri cerești. Într-adevăr, dacă materia vie este rezultatul evoluției, în anumite condiții, a materiei lipsite de viață, atunci pe orice corp ceresc care întrunește minimum de condiții necesare vor putea apare și anumite forme ale vieții. Probabilitatea ca printre miliarde de corpuri cerești asemenea condiții să fie întrunite numai pe unul (Terra) este aproape nulă.

Problema concretă pe care o putem pune în lumina cercetărilor din ultima vreme constă în aceea dacă pe principalele corpuri cerești din sistemul nostru solar este posibilă existența vieții. Pentru aceasta, trebuie să examinăm condițiile de mediu existente pe aceste corpuri și să vedem dacă ele sînt compatibile cu viața, așa cum o cunoaștem noi pe Pămînt.

Luna. Este corpul ceresc, satelit al Terrei, cel mai bine studiat, datorită observațiilor astronomice de lungă durată, observațiilor din sateliți artificiali, activității stațiilor automate care au aselenizat lin și datorită cercetărilor nemijlocite efectuate de cosmonauți.

Din datele publicate rezultă că suprafața Lunii este alcătuită din roci bazice (bazalt) și ultrabazice. Prin variații de temperatură, prin bombardamente cosmice (protoni solari, alte particule încărcate, raze ultraviolete), bazaltele sînt fărîmițate, transformate în granule, praf slab coeziv, care acoperă suprafața Lunii pe adîncimi variabile. Deși elementele chimice din rocile lunare sînt aceleași ca și din cele terestre, totuși, prin compoziția lor mineralogică și chimică, ele diferă de cele terestre, ca și de cele cunoscute din meteoriți. Se remarcă o proporție neobișnuit de mare de titan, zirconiu, itriu, crom și, totodată, deficiență de metale alcaline ca sodiu, potasiu, rubidiu. Aceasta arată că *Luna* nu este o porțiune ruptă din Terra, cum s-a crezut multă vreme. Analiza rocilor cristaline lunare arată o vîrstă de 3,7—4,6 miliarde de ani.

Modelarea reliefului lunar este rezultatul activității vulcanice și a impactului meteoriților. Se pare că la o adîncime de aproximativ 100 km interiorul Lunii mai este cald, în parte topit.

Avînd masa relativ mică și, deci, forța gravitațională scăzută (aproximativ de 6 ori mai mică decît pe Terra), Luna nu poate reține gazele și deci nu are atmosferă. Acest fapt determină mari variații de temperatură: la suprafață temperatura variază între —170°C și 100°C. La adîncimea de cîțiva metri de la suprafață, temperatura este constantă, de aproximativ —30°C. Se bănuiește că la această adîncime ar exista un strat conținînd gheață, deci apă.

În privința substanțelor organice, analizele prafului selenar și a rocilor selenare aduse de misiunile Apollo 11—14, ca și de stațiile automate, arată că pe Lună există carbon sub formă anorganică (carburi metalice și grafit), ca și sub forma organică. În rocile lunare, analizele microscopice au arătat prezența unor „bășicuțe“ conținînd gaze alcătuite din CO_2, CO, CH_4, etan și alte gaze. În „solul“ (praful) lunar au fost identificate mai ales hidrocarburi cu molecule mari, în concentrație de $0{,}01 \times 10^{-4}$%. Au fost identificați și 6 aminoacizi, predominînd glicina și alanina, pe lîngă care, în cantități mai mici, se află acid glutamic, serină, acid asparagic și treonină. Acești aminoacizi nu sînt liberi ci legați, intrînd în

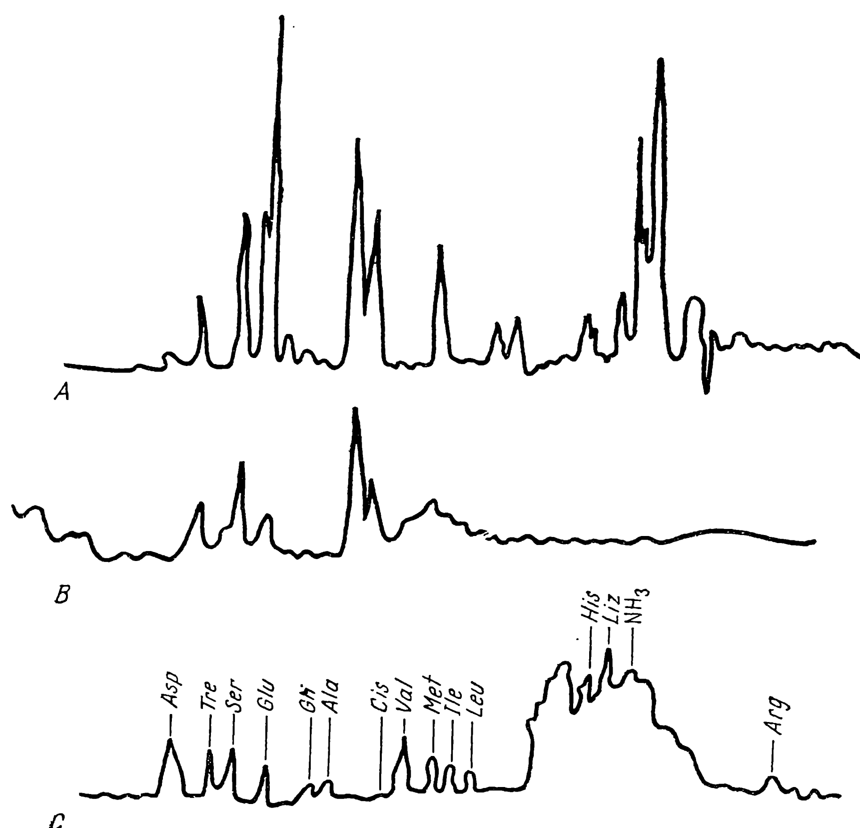


Fig. 13. Analizele cromatografice ale extractelor apoase hidrolizate din probele de „sol" lunar aduse de „Apollo 11" (*B*) diferă de cromatograma amprentelor digitale ale omului (*A*). Pentru comparare, este dată o cromatogramă standard (*C*) (după S. F. Fox și K. Dese, 1972).

alcătuirea unor predecesori cu molecula mai complexă. Desigur, se pune problema originii acestor substanțe. Bănuiala că ar putea proveni din contaminare în cursul manipulării probelor (cu toate precauțiile luate) este înlăturată prin analize cromatografice comparative ale substanțelor de pe mîna oamenilor cu ale eșantioanelor de pe Lună (fig. 13). Se acceptă ideea că acești compuși ai C provin din spațiul cosmic fie din norul protoplanetar inițial, fie din meteoriți, din comete, prin captare la suprafața Lunii, fie transportate prin forța vîntului solar. În orice caz, nu se pune la îndoială originea lor abiogenă.

Toate încercările de a depista existența unor organisme nu au dat rezultate pozitive.

Prin urmare, datele existente arată că pe Lună condițiile de mediu (diferite radiații, lipsa atmosferei drept consecință a masei reduse a satelitului, variații mari de temperatură, lipsa apei) nu sînt compatibile cu existența formelor vieții.

Marte. Se pare a fi planeta care întrunește mai multe condiții necesare existenței vieții. Pe planetă există activitate vulcanică, cratere,

relief variat cu unele structuri care ar putea reprezenta văi ale unor rîuri care au curs demult. Pe suprafețe întinse sînt răspîndiți *oxizi de fier* pulverizați. Unul din acești oxizi — *goethitul* — poate prezenta interes biologic: conține apă de cristalizare (ar putea fi o sursă de apă pentru unele microorganisme) și are o mare putere de absorbție a radiațiilor U.V. și, deci, ar putea avea rol în protejarea unor forme ale vieții. Condiții climatice severe: Temperatura medie la suprafața planetei este între —50° și —70°C. Vara, temperatura maximă la ecuator în timpul zilei se poate ridica la +30°C, pentru ca în noaptea ce urmează să scadă la —70°C. Iarna la pol temperatura ajunge la —87°C. Atmosfera este de circa 100 ori mai rarefiată decît a Pămîntului.

Diferențele de temperatură determină formarea vînturilor, a căror viteză ajunge la 180 km/oră și care stîrnesc violente furtuni de praf pe care-l ridică la zeci de kilometri înălțime.

În compoziția atmosferei marțiene au fost depistate o serie de gaze: azot, bioxid de carbon (90%$_0$ din volum), argon, foarte puțină apă (abundența medie a vaporilor de apă este de 10^{-3}g pe coloana de 1 cm^2 a atmosferei). În unele locuri, deasupra vulcanilor, au fost observați nori cu vapori de apă. La poli există calote de culoare albă, alcătuite din CO_2 înghețat, sub care se află un strat de apă înghețată. Prezența oxigenului este îndoielnică sau el există în cantități foarte mici. Prin urmare, clima marțiană este foarte severă (rece, aridă, atmosfera foarte rarefiată), totuși în limite compatibile cu unele forme chiar ale vieții terestre. De aceea, explorările directe ale suprafeței (prin stații automate sau cu echipaje) trebuie făcute cu deosebite precauțiuni spre a se preveni „contaminarea" planetei cu microorganisme terestre care s-ar putea înmulți alterînd mediul marțian și sporind dificultatea cunoașterii eventualelor forme endemice ale vieții. În condițiile menționate, existența formelor evoluate ale vieții nu este posibilă.

Venus. Este mai puțin cunoscută decît Marte, totuși cercetările din ultima vreme au permis desprinderea unor caracteristici ale condițiilor fizice. Temperatura la suprafața planetei este de aproximativ 300°—330°C, iar în porțiunile supuse insolației directe se poate ridica pînă la circa 700°C. Chiar la poli temperatura trece de 100°C. Aceste condiții exclud deci prezența apei în stare lichidă pe suprafețe de înălțime medie a planetei. Dar pe munții înalți temperatura este sub 100°C. Norii, în cantitate mare, acoperă planeta. Compoziția norilor nu este pe deplin cunoscută dar este sigură prezența apei (cristale în partea superioară a norilor, picături în partea inferioară), a bioxidului de carbon; se pare că există azot și oxigen. Există mici cantități de praf în atmosferă.

De remarcat este marea cantitate de CO_2 din atmosferă (90—95%$_0$). Estimarea cantității de CO_2 din atmosferă arată că este apropiată de cea a CO_2 ce intră în alcătuirea carbonaților din scoarța Pămîntului. Aceasta arată o cale diferită de evoluție chimică a planetei. Într-o însemnată măsură deosebirea se datorează distanței mai apropiate de soare decît a Pămîntului și de aici creșterea sensibilă a temperaturii. Temperatura ridicată împiedică condensarea apei, iar CO_2 venit din adîncimea planetei, în lipsa apei lichide, nu interacționează cu silicații și rămîne liber în atmosferă. Rezultatul este dezvoltarea efectului de seră (CO_2 împiedică radierea căldurii de către suprafața planetei și duce la încălzirea atmo-

sferei). Pe Pămînt temperatura scăzută, permiţînd lichefierea apei şi deci dizolvarea CO_2, determină formarea carbonaţilor şi, ca atare, eliberarea atmosferei de cantitatea excesivă de CO_2 împiedicînd producerea efectului de seră. Consecinţa este că pe Pămînt viaţa s-a putut dezvolta, iar pe Venus nu.

Cu toate acestea, se poate presupune că în anumite zone ale planetei Venus (munţi, baza norilor) condiţiile ar putea fi compatibile cu existenţa unor forme elementare de viaţă.

Mercur. Condiţiile de pe această planetă sînt aproape necunoscute. Temperatura de la suprafaţa planetei variază zilnic între aproximativ —120°C şi peste 400°C. Sub suprafaţa planetei temperatura se menţine în jurul a 30°C. Presiunea atmosferei reprezintă doar *cîteva procente* din cea terestră. Condiţiile par a fi incompatibile cu viaţa în formele ei terestre.

*

Dintre planetele exterioare (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun) ceva mai bine cunoscută este *Jupiter*. Masa mare a planetei permite reţinerea, practic, a tuturor gazelor. De aceea, compoziţia atmosferei este complexă. Conţine H, He, cantităţi reduse de metan şi amoniac. Temperatura norilor este de circa —70°C sau chiar mai scăzută. Deşi apa nu a fost determinată, prezenţa apei este ca şi sigură, deoarece vaporii nu pot părăsi planeta. Sub „nori“, probabil apa este sub formă de gheaţă. Dat fiind că grosimea atmosferei este foarte mare (presiunea poate ajunge la sute de atmosfere) se consideră posibil ca la suprafaţa planetei să existe apă în stare lichidă, amoniac lichid.

În acest mediu reducător, asemănător întrucîtva sub acest aspect cu acela de pe Pămînt în fazele lui primitive, s-ar putea desfăşura numeroase procese moleculare premergătoare apariţiei vieţii.

În concluzie, putem constata că pentru dezvoltarea vieţii şi realizarea formelor ei înzestrate cu raţiune trebuie întrunite o serie de condiţii: o anumită masă a planetei, care să permită existenţa atmosferei cu o anumită compoziţie; o anumită temperatură şi presiune; evoluţia atmosferei de la reducătoare spre oxidantă; prezenţa apei lichide etc. Se pare că, în afara Pămîntului, *nici una din planetele sistemului nostru solar nu întruneşte condiţiile necesare existenţei unor forme de viaţă evoluate; formele incipiente sînt posibile.*

CAPITOLUL 2.

DOVEZILE EVOLUŢIEI

Necesitatea prezentării dovezilor evoluţiei. Stadiul actual al dezvoltării ştiinţelor naturii în general şi al biologiei în special a impus ideea de evoluţie ca o realitate indiscutabilă. Foarte puţini biologi actuali mai neagă existenţa evoluţiei. De aceea ar părea că într-o carte modernă de biologie nu ar mai fi necesar de prezentat probele evoluţiei. Dar sînt numeroşi intelectuali nebiologi, precum și tineri din sistemul de învăţămînt care nu cunosc problemele evoluţiei şi, de aceea, adesea le interpretează greșit. Nimeni nu poate fi convins de existenţa reală a evoluţiei decît prin dovezi concrete, prin fapte, care demonstrează în mod neîndoielnic caracterul obiectiv al procesului evoluţiei biologice şi care, totodată, scot la iveală sensul şi semnificaţia acestui proces.

Evoluţia fiind o lege cu caracter universal, înseamnă că orice fenomen sau proces biologic reprezintă un moment în desfăşurarea acestui proces, rezultatul lui și, totodată, premisa desfășurării lui ulterioare. Deci, teoretic, orice fenomen sau proces biologic poate fi prezentat drept o dovadă a evoluţiei. Practic, aceasta ar însemna reluarea întregului conţinut al tuturor disciplinelor biologice, ceea ce evident nu este posibil.

De aceea, pentru prezentarea dovezilor evoluţiei se face o selecţie a unor fapte deosebit de elocvente. Pentru a spori forţa de convingere a faptelor este importantă nu numai alegerea lor dar și modul, sistemul de prezentare.

De obicei, autorii prezintă probele evoluţiei grupate pe discipline, de pildă probe din domeniul paleontologiei, anatomiei comparate, a embriologiei etc. Aceste probe vorbesc aproape de la sine și ilustrează foarte sugestiv procesul evoluţiei. Credem că faptele pot deveni mult mai convingătoare dacă sînt încadrate într-un anumit sistem a cărui logică și conţinut să reprezinte un schelet, un sistem de referinţe, în care pot fi cuprinse nu numai exemplele citate ci orice fel de alte fapte. Un asemenea sistem, prin sine însuși, devine una din cele mai elocvente dovezi ale evoluţiei.

La baza sistemului nostru de prezentare a faptelor stă *ideea unităţii și, totodată, a diversităţii lumii vii.* Demonstrarea unităţii organizatorice, structurale și funcţionale a lumii vii reprezintă cea mai convingătoare dovadă a *originii comune* a tuturor formelor vieţii. În cadrul acestei unităţi viaţa capătă o nesfîrșită *diversitate* de manifestări, care reprezintă tot atîtea dovezi ale faptului că, pornind de la originea comună, formele vieţii s-au diversificat, *au evoluat în mod divergent,* şi aceasta ca o

necesitate, deoarece fără diversificare funcţională viaţa nu poate persista. Divergenţa în evoluţia biologică este singura cale de utilizare optimă şi maximă a resuselor şi, totodată, de refacere a rezervelor naturale.

Deci, o primă categorie de dovezi ale evoluţiei o vor reprezenta faptele, care ilustrează cel mai bine unitatea şi diversitatea lumii vii. Separat vom grupa o a doua categorie de fapte, care reprezintă *dovezi experimentale* ale procesului evoluţiei speciilor.

2.1. DOVEZI NATURALE ALE EVOLUŢIEI

Unitatea şi diversitatea lumii vii. Aceste două aspecte pot fi ilustrate pe cele mai variate planuri, începînd cu cel chimic şi biochimic, pînă la morfo-fiziologic, ecologic, geografic etc.

2.1.1. DOVEZI DIN DOMENIUL CHIMIEI ŞI BIOCHIMIEI

După cum am arătat în capitolul precedent, elementele chimice C, H, O şi N sînt esenţiale pentru întreaga materie vie. Dintre alte elemente, acelaşi caracter universal îl au P, S, K, Na, Ca etc. Nu există elemente chimice specifice regnului vegetal sau animal.

În ce priveşte compuşii carbonului, categoriile mari ale acestor substanţe sînt aceleaşi în întreaga lume vie, îndeplinind de cele mai multe ori şi aceleaşi funcţii. Astfel, hidraţii de carbon reprezintă, în esenţă, materialul energetic atît pentru plante cît şi pentru animale. Dintre monozaharide, glucoza are acest rol prin excelenţă. Un alt monozaharid — galactoza — se găseşte, de pildă, în ţesutul nervos (în creier) la vertebrate, dar şi în celulele algelor, în licheni. Polizaharidele — unele formează substanţe de rezervă (amidon, glicogen) la plante şi animale, altele intră în alcătuirea unor structuri scheletice, atît la plante cît şi la animale.

Lipidele au şi ele acelaşi rol esenţial, de substanţe energetice de rezervă la plante şi la animale.

Substanţele proteice sînt alcătuite din aminoacizi. În biochimie se cunosc peste 20 aminoacizi diferiţi; unii sînt foarte rari, alţii încă nu au putut fi izolaţi din proteine naturale, dar 20 aminoacizi sînt bine cunoscuţi şi larg răspîndiţi, intrînd în alcătuirea proteinelor vegetale şi animale. Nu se cunosc aminoacizi specifici plantelor sau animalelor.

Enzimele sînt de aceeaşi natură proteică în toată lumea vie şi funcţionează după aceleaşi principii; la fel şi vitaminele, avînd funcţii mai ales de coenzime.
melor este de subliniat înrudirea apropiată a structurii chimice a hemoglobinei cu clorofila.

Deosebit de important este faptul că sistemul molecular de înregistrare, stocare şi transmitere a informaţiei este universal. În acest sens

Dintre alte substanţe organice cu rol important în viaţa organis-
amintim universalitatea structurii acizilor nucleici, universalitatea codului

genetic, a unor mecanisme esenţiale în biosinteza substanţelor proteice şi în reglarea metabolismului celular.

Toate formele de activitate ale organismelor de orice fel implică utilizarea energiei; sursa energiei o reprezintă energia legăturilor chimice din diferitele substanţe organice. Eliberarea acestei energii se face prin procese biochimice de oxidoreducere care, în esenţă, sînt aceleaşi la toate grupele de vieţuitoare. De asemenea, acumularea acestei energii în legăturile chimice macroergice (de exemplu, ATP) şi apoi preluarea şi utilizarea ei în diferite procese fiziologice şi biochimice se face după aceleaşi scheme cu valoare universală.

Reacţiile respective sînt de tip exergonic (cu degajare de energie), iar degradarea substanţei — sursă de energie — se face în trepte, în aşa fel încît fiecare treaptă are un nivel energetic inferior celei precedente şi superior celei ce urmează.

Mecanismul lanţului de reacţii constă în transferul de hidrogen şi electroni de la o treaptă la alta, deci într-o succesiune de procese de oxidare (pierdere de hidrogen sau de electroni) şi de reducere (acceptare de H sau de electroni). Se cunosc în prezent şapte din aceşti acceptori intermediari şi succesivi ai hidrogenului; acceptorul final este O_2 molecular. Cei şapte acceptori implicaţi în transferul de hidrogen şi electroni sînt coenzime: prima este nicotinamidadenina-dinucleotid fosfat (NADP), apoi flavinadenin-nucleotid fosfat (FADP), după care urmează cinci pigmenţi citocromi: *Q, b, c, a* şi a_3. Atomii de hidrogen, de la substanţa care urmează a fi oxidată, sînt preluaţi de primul acceptor (NADP); de la acesta hidrogenul este preluat de FADP, iar de la acesta — de către citrocromul *Q*. Aici atomul de hidrogen este desfăcut şi electronul este transferat de la un citocrom la altul pînă la a_3, după care este refăcut atomul de hidrogen care este preluat de ultimul acceptor — O_2 molecular, rezultînd apa. În acest proces energia nu este eliberată la fiecare treaptă de transfer, ci doar în trei momente: de trecere de la NADP la FADP, de la citocromul *b* la citocromul *c* şi de la citocromul *a* la a_3. La fiecare din aceste trei trepte energia eliberată este transformată în legăturile macroergice ale moleculelor de ATP.

Toate aceste fapte dovedesc că, din multitudinea potenţialităţilor materiei fără viaţă, s-a desprins o cale unică de evoluţie care a dat naştere formei biologice de mişcare, avînd caracteristici structurale şi funcţionale esenţiale, cu valoare universală. O analiză mai apropiată arată că în acest plan unitar chimic şi biochimic s-au produs diferenţieri care au dat o mare diversitate de modalităţi în realizarea structurilor şi funcţiilor specifice unor grupe mai mari sau mai mici de organisme. Începînd deci chiar de la acest plan elementar (molecular), constatăm o *evoluţie divergentă*.

Cîteva exemple pot ilustra această diversitate în cadrul unităţii materiei vii, pe plan chimic şi biochimic. Astfel, deşi structura moleculei de clorofilă este asemănătoare cu a hemoglobinei, în alcătuirea ei intră Mg^{++}, iar în hemoglobină locul acestuia este luat de Fe^{++}. Se deosebesc aceste substanţe şi funcţional: clorofila este capabilă, în cadrul celulei vii, să transforme energia radiaţiilor solare în energia legăturilor chimice, ceea ce hemoglobina nu poate face. Dar Fe^{++} nu intră în alcă-

tuirea pigmenților respiratori la toate animalele. La unele nevertebrate acest pigment este hemocianina în care locul fierului este ocupat de Cu^{++}.

Dintre hidrații de carbon, deși ei reprezintă substanțe energetice prin excelență atît la plante cît și la animale, găsim diferențieri. De pildă, fructoza (monozaharid), maltoza, zaharoza (dizaharide) sînt specifice plantelor, lactoza (dizaharid) se află în laptele mamiferelor. Dintre polizaharide, deși au structuri și funcții comune ambelor regnuri, totuși chitina este specifică mai ales insectelor, celuloza plantelor ca și amidonul, în timp ce glicogenul este rezervă energetică la animale.

Substanțele proteice, deși au trăsături structurale și funcționale comune și reprezintă constituentul esențial și universal al materiei vii, sînt în același timp de diversitate practic infinită (vezi *Capit. I*), astfel încît sînt caracteristice nu numai pentru fiecare specie ci chiar pentru fiecare individ în parte, care apare deci ca unicat, practic nerepetabil în timp și spațiu.

Același lucru trebuie spus despre acizii nucleici, care în structura și funcția lor unitară, comună tuturor ființelor, cuprind o diversitate practic infinită de combinații ale informației genetice, astfel încît și din punct de vedere al substanțelor proteice fiecare individ are un genotip unic, nerepetabil.

2.1.2. DOVEZI DIN DOMENIUL BIOLOGIEI CELULARE

Examinarea diferiților constituenți celulari arată o uimitoare unitate a planului lor de organizare la toate viețuitoarele. Vom aminti succint unele trăsături caracteristice mai importante în acest sens.

Membrana plasmatică (a nu se confunda cu peretele celular). Este un component universal al celulelor plantelor și animalelor. Ea delimitează celula, menține integritatea și individualitatea acesteia. Are o permeabilitate selectivă față de diferite substanțe și este alcătuită din grăsimi și proteine: fețele internă și externă sînt alcătuite din molecule proteice, iar între aceste două straturi se află un strat molecular de lipide (fig. 14).

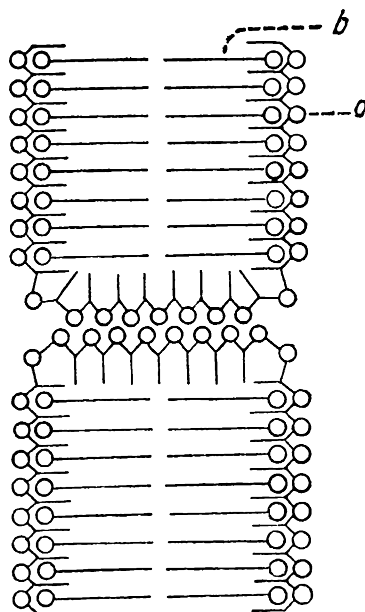


Fig. 14. Schema structurii moleculare a membranei plasmatice:
a – molecule proteice; b – molecule de lipide cu grupări hidrofile orientate spre moleculele proteice (din de Robertis, 1967).

Membrana plasmatică pătrunde în interiorul citoplasmei sub formă de invaginări tubulare, care străbat toată citoplasma formînd o adevărată rețea denumită *reticul endoplasmatic*, care este legat de alți constituenți celulari, inclusiv de nucleu. Reticulul endoplasmatic are mai multe funcțiuni, între care amintim mărirea su-

prafeței membranei în interiorul celulei. Ținînd seama că majoritatea reacțiilor biochimice sînt reacții de suprafață, mărirea ei sporește considerabil eficiența diferitelor tipuri de reacții, acumularea în reticulul endoplasmatic a diferiților produși secretați de celulă, transportul diferiților produși sau materiale de la o parte la alta a celulei.

Ribozomii. Sînt particule submicroscopice, prezente în toate celulele vegetale și animale. Manifestă o uimitoare uniformitate de dimensiuni (între 170—340Å) și de compoziție (proteine — mai ales enzime) —41——60%, ARN 59—40%). Au funcții esențiale în biosinteza substanțelor proteice.

Complexul Golgi *(dictiosomii).* Pînă nu demult cunoscut numai din celule animale, a fost descoperit și în celule vegetale. Morfologia și dimensiunile dictiosomilor sînt foarte variabile la diferitele tipuri de celule. Au rol în producerea de secreții din care cauză sînt deosebit de abundenți în celulele specializate în funcții secretoare. De asemenea, participă la sinteza membranelor lipoproteice și a polizaharidelor.

Mitocondriile. Sînt constituenți citoplasmatici universali (fig. 15). Au formă corpusculară sau filamentoasă, avînd o lungime ce poate ajunge

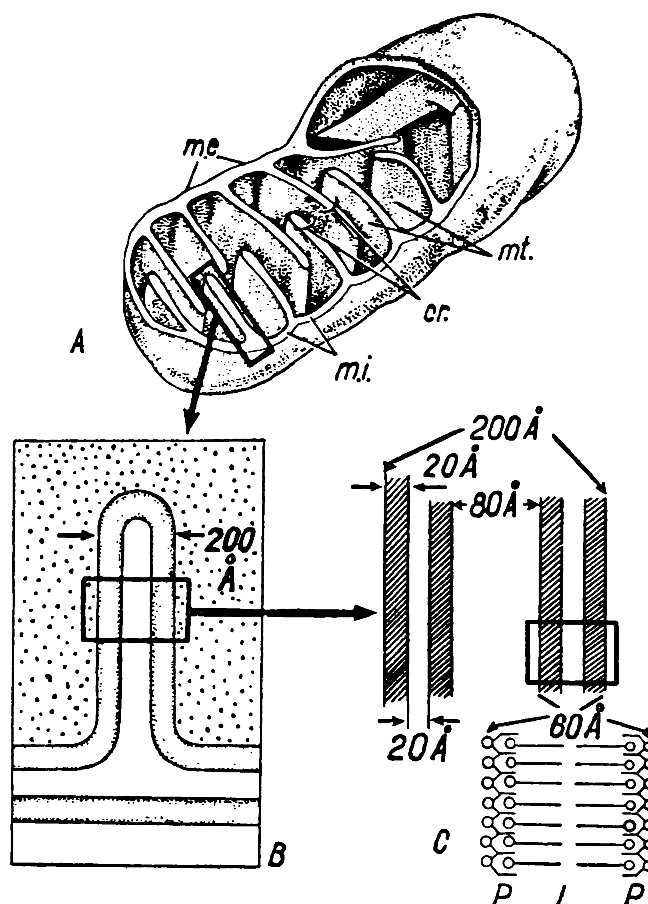


Fig. 15. Structura mitocondriei: *A* — secțiune longitudinală; *B* — structura unei criste; *C* — structura membranei:

m.e. — membrana externă; *m.i.* — membrana internă; *mt.* — matrice; *cr.* — criste; *P* — strat de molecule proteice; *L* — strat de lipide (din de Robertis, 1967).

la 7 μ, iar grosimea la circa 0,5 μ. Structura este membranoasă. O mitocondrie este alcătuită din două membrane — externă și internă —, ambele avînd structura membranei plasmatice (de aici se consideră că mitocondriile provin din reticulul endoplasmatic). În timp ce membrana externă este netedă, delimitează mitocondria și reglează tranzitul diferitelor substanțe, membrana internă formează numeroase pliuri — *criste* mitocondriale — care proeminează în spațiul intern al corpusculului. Din punct de vedere chimic, mitocondriile sînt alcătuite din proteine (peste 70%) și lipide (pînă la 30%). Acestea din urmă sînt reprezentate mai ales prin fosfatide, cantități mici de colesterol și alte lipide. Conțin ARN și ADN, numeroase enzime (peste 70 sînt cunoscute) și coenzime, cofactori (de exemplu, vitamine), metale, toate acționînd într-o strictă coordonare. Funcția principală a mitocondriilor constă în desfășurarea în lanț a reacțiilor enzimatice prin care se eliberează energia din substanțele alimentare (combustibil), captarea și stocarea în ATP, care se formează tot aici prin fosforilare oxidativă a ADP. Odată format, ATP părăsește mitocondria și este utilizat în alte părți ale celulei, în reacții care necesită consum de energie. Pe drept cuvînt, mitocondriile sînt considerate „centralele" energetice ale celulei.

Mitocondriile se înmulțesc prin diviziune, care are loc independent de diviziunea celulei. În cursul acestei diviziuni se produce replicarea ADN-ului mitocondrial, care este destul de lung, conținînd cîteva sute de gene. Unele observații arată că ADN-ul mitocondrial ar fi circular, amintind astfel cromozomul bacterian. Ținînd seama de această „independență" a mitocondriilor față de nucleu și față de diviziunile celulare, ca și de structura ADN-ului, s-a emis ipoteza originii simbionte a acestor corpusculi: mitocondriile ar proveni din bacterii simbionte ale monocelularelor primitive.

Lisosomii. Sînt particule delimitate de membrana plasmatică, conținînd în interiorul lor numeroase enzime litice, capabile să degradeze diferite macromolecule din structura celulei. Cînd celula moare, membrana lisosomilor se rupe, iar enzimele litice eliberate desfac diferiții componenți celulari, înlesnind eliminarea unor produși și reutilizarea altora.

Cilii și flagelii. Sînt formațiuni larg răspîndite în regnul vegetal și animal și îndeplinesc fie rol de locomoție a celulelor, fie rolul de a pune în mișcare particule ale mediului înconjurător al celulei (fig. 16). Aparatul ciliar este alcătuit dintr-un cil care reprezintă proeminența la suprafața celulei a membranei plasmatice, care și delimitează cilul; un corpuscul bazal — denumit și *kinetosom* (controlează mișcarea cilului) sau *blefaroplast* (în unele celule au fost constatate așa-numitele „radicele" ale cililor cu filamente foarte fine care pornesc de la kinetosomi și converg într-un fascicul conic al cărui vîrf se termină în apropierea nucleului). Cilul are un diametru de aproximativ de 2 μ. În matricea (interiorul) lui sînt cu-

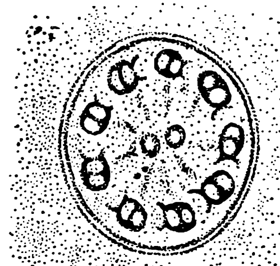


Fig. 16. Schema structurii (în secțiune transversală) a unui cil de protozoar.

prinse 9 fibrile, cu diametrul de circa 80 Å, situate la periferia cilului și 2 fibrile centrale. Fiecare fibrilă periferică este alcătuită din 2 subfibrile. Fibrilele centrale sînt cuprinse într-o teacă comună. Corpusculul bazal are formă cilindrică, conține 9 fibrile periferice, fiecare însă alcătuită din 3 subunități. Această structură a aparatului ciliar manifestă o uimitoare uniformitate la cele mai diferite categorii de organisme și celule: cilii și flagelii de protozoare, cilii epiteliului trahean la mamifere, coada spermatozoidului de la amfibii, mamifere, bastonașele celulelor retinei, structurile ciliare ale celulelor senzoriale primitive din ochiul pineal al unor reptile, anterozoizii de la ferigă etc.

Faptele citate sînt suficiente spre a ne convinge de unitatea ultrastructurală și funcțională a principalilor constituenți din citoplasma celulelor, unitate care atestă omologia constituenților și, deci, originea comună.

În același timp, la nivelul ultrastructurilor constatăm și linii de evoluție divergentă, diversificări ale diferitelor formațiuni.

Centriolul. Se găsește în toate celulele animalelor dar lipsește la plante, cu excepția unor alge și ciuperci. La toate grupele la care există, structura centriolului este în esență aceeași și este, practic, identică cu aceea a unui kinetosom: o formațiune cilindrică cu un diametru de circa 150 μ ce conține 9 fibrile periferice, fiecare alcătuită din cîte 3 subunități. Se pare că centriolul este un corpuscul bazal, dar rolul lui este cu totul diferit, el avînd funcții legate de diviziunea celulară. Se pare că semnalul diviziunii celulare este dublarea centriolului, adică apariția unui al doilea centriol lîngă cel vechi și apoi îndepărtarea fiecăruia la polii opuși ai celulei; între ei se formează fusul nuclear.

Plastidele. Sînt constituenți citoplasmatici specifici celulelor plantelor, lipsind la animale precum și la bacterii, la unele alge și ciuperci. În funcție de conținutul în pigmenți se disting *leucoplastele* care nu conțin pigmenți și, uneori, funcționează ca acumulatori de amidon, căpătînd denumirea de *amiloplaste; cromoplastele* conțin caroten, xantofilă; *cloroplastele* conțin clorofila. Cloroplastele au un diametru de 4—6 μ, pot avea forme foarte variate și au o structură complexă (fig. 17). Cloroplastul este delimitat de o dublă membrană plasmatică. Spațiul cloroplastului este ocupat de o substanță granulară — *stroma,* care constituie matricea în care se găsesc corpusculi denumiți *grane,* formațiuni cilindrice, lamelar stratificate. Moleculele de clorofilă sînt așezate în straturi alternînd cu straturi (membrane) lipoproteice. Fotosinteza are loc tocmai în această structură complexă. Rezultatul este fotofosforilarea prin care ADP este transformat în ATP care, în acest fel, leagă sub formă chimică o parte a energiei luminoase, spre deosebire de fosforilarea oxidativă din mitocondrii. Plastidele, în afară de pigmenți, conțin numeroase enzime, ARN și ADN sub formă de nucleoproteine. Se înmulțesc prin diviziune, independent de diviziunea celulară.

După cum se poate constata și din această descriere sumară, cloroplastele prezintă o serie de trăsături comune cu mitocondriile. De aici și ideea originii simbionte și a acestor constituenți celulari, și anume, unii biologi consideră că aceste formațiuni provin din cianoficee endosimbionte ale unor monocelulare primitive, determinînd evoluția lor în sensul apariției plantelor. Unele fapte par a confirma această ipoteză. Astfel, ciano-

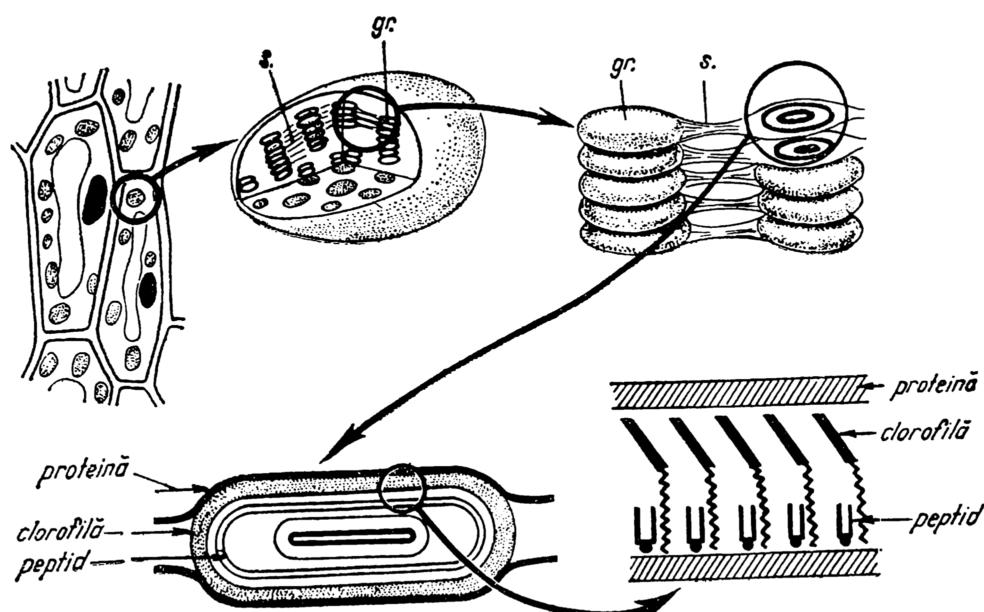


Fig. 17. Schema structurii unui cloroplast:
s. — stroma; gr. — grana.

ficeul *Glaucocystis nostochinearum* este endosimbiont la o algă protococală. Endosimbiontul nu are perete celular ci o dublă membrană plasmatică, conține ADN și, fapt semnificativ, îndeplinește rolul de cloroplast pentru gazdă, care altfel este lipsită de pigmenți.

Din punct de vedere al *celulei* ca întreg, unitatea de structură și de funcționare este atît de evidentă încît nu mai trebuie subliniată. Același *plan de organizare* la toate grupele de viețuitoare, același mecanism de *diviziune mitotică* în care numărul de cromozomi este dublat și ei sînt distribuiți în număr egal la celulele-fiice, păstrînd astfel garnitura caracteristică speciei; același, în esență, mecanism de *diviziune reducțională* (meioză) prin care se asigură păstrarea numărului de cromozomi de la o generație la alta și, totodată, recombinarea genetică.[1] Tot aci trebuie subliniată *unitatea legilor eredității*. Legile lui Mendel au caracter universal. Stabilite inițial la plante, ele se verifică în aceeași măsură la cele mai diferite grupe de animale, inclusiv la om. Fenomene de ereditate extracromozomală sînt, de asemenea, de aceeași natură. Mecanismele moleculare de apariție a mutațiilor ca și a recombinărilor genetice nu se deosebesc în cele două regnuri. Pe de altă parte, și în acest domeniu constatăm divergențe în cadrul unității.

Mecanismele cromozomale de determinare a sexului sînt comune multor grupe de animale, dar la plante pînă în prezent ele nu se pot

[1] Descrieri amănunțite ale mitozei, meiozei pot fi găsite în cărți de botanică, zoologie, citologie, biologie celulară, genetică. De aceea, nu insistăm aici asupra lor.

aplica deoarece la acestea problema se complică în mod considerabil prin existența generației gametofitului și a sporofitului și prin răspîndirea largă a hermafroditismului.

De asemenea, este bine cunoscut faptul că în cadrul acestui plan unitar de structură și funcționare a celulelor, care stă la baza structurii celulare a viețuitoarelor, se manifestă o nesfîrșită *diversitate* de modalități în realizarea formelor, structurilor și funcțiilor celulelor specializate din diferitele țesuturi vegetale și animale. Aceste diferențieri sînt rezultatul evoluției divergente și adaptării la variatele condiții de existență ale speciilor.

2.1.3. DOVEZI DIN DOMENIUL MORFOLOGIEI COMPARATE

Studiul, fie al animalelor, fie al plantelor arată unitatea planului de organizare a diferitelor grupe, urmare a originii lor comune, exprimată printr-o mare diversitate de soluții — rezultat al adaptării la condițiile concrete de existență. În acest sens, anatomia și embriologia comparată oferă numeroase dovezi.

Omologia organelor. Este una din cele mai elocvente expresii a înrudirii reale dintre specii și, deci, a originii lor comune. Omologia constă în asemănarea planului de structură și de conexiuni ale unor organe, rezultat al dezvoltării lor din schițe embrionare asemănătoare. Clasic a devenit modelul omologiei oferit de membrele vertebratelor. De la amfibieni la mamifere, membrele au scheletul alcătuit după aceeași schemă (fig. 18). Membrul anterior se articulează la centura scapulară printr-un os unic — humerus, la care, distal, se articulează două oase — radius și cubitus. Acesta din urmă are apofiza olecraneană de care se inseră mușchii. La aceste două oase, distal, se articulează oasele carpiene, după care urmează metacarpienele și apoi falangele. Dacă acest plan este perfect unitar, el se manifestă într-o mare diversitate de variante, la care forma, proporțiile dintre diferitele oase, raporturile dintre ele, se modifică mult; se poate modifica chiar numărul oaselor, de pildă al carpienelor, metacarpienelor, al falangelor. Modificările se datorează funcționării diferite a membrelor în dependență de condițiile de viață, de modul de locomoție. Scheletul aripioarei de balenă, al aripii de liliac, de pasăre, al piciorului de la cîrtiță, broască, șopîrlă, cal sau al mîinii de om, deși par foarte deosebite, sînt alcătuite după același plan de organizare, conținînd aceleași elemente morfologice esențiale modificate prin corelații cu mediul de viață.

Scheletul craniului în întreaga serie a vertebratelor, de la pești la mamifere, ilustrează la fel de elocvent unitatea planului de organizare și, totodată, diversitatea modalităților de realizare a lui.

Principiul omologiei se aplică și în cercetarea *organelor rudimentare,* organe care, prin structura și conexiunile lor, arată că sînt omoloage cu organele respective de la alte specii, dar sînt nefuncționale sau și-au schimbat funcțiile (cel mai adesea) în urma schimbării corelațiilor cu mediul. Cîteva exemple: la numeroase insecte există aripi rudimentare ca la femela de licurici, halterele (balansiere) de la diptere reprezintă rudimente ale celei de a doua perechi de aripi; numeroase specii de

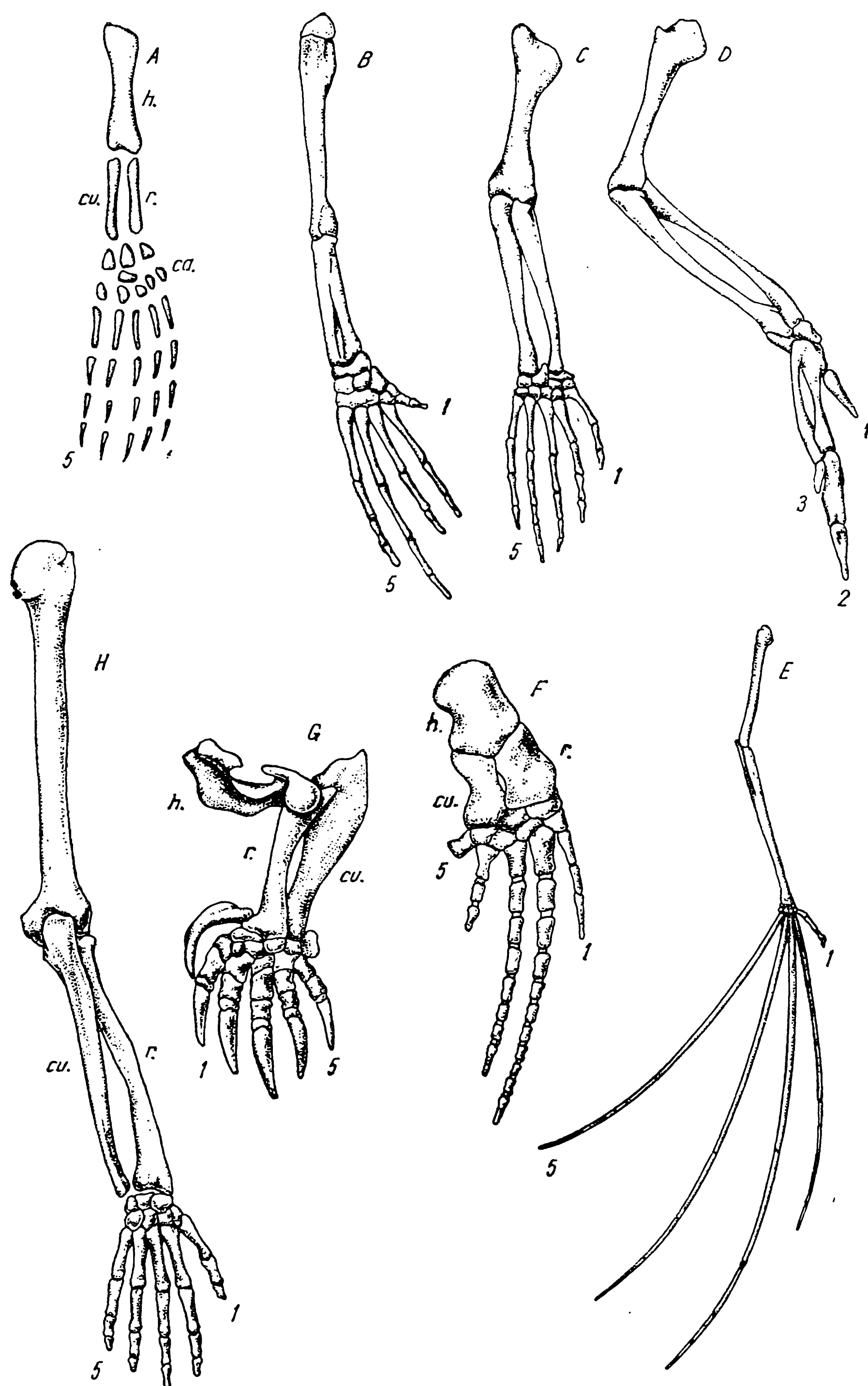


Fig. 18. Omologia membrelor la vertebrate: *A* — schema structurii membrului anterior; *B* — piciorul anterior de broască; *C* — piciorul anterior de şopîrlă; *D* — aripa de pasăre; *E* — aripa de liliac; *F* — înotătoare de balenă; *G* — piciorul anterior de cîrtiță; *H* — mînă de om:

h. — humerus; *r.* — radius; *cu.* — cubitus; *ca.* — oase carpiene; *1–5* — degete.

insecte cu aripi reduse populează unele insule oceanice etc. La diferite grupe de moluşte constatăm serii de specii la care cochilia este în diferite grade de reducere. Astfel, dintre cefalopode, *Spirula* are cochilia bine dezvoltată, la *Calmar* cochilia nu se mai calcifică, iar la *Octopus* ea nu se mai formează deloc.

La vertebrate constatăm, de pildă, la diferite grupe, reduceri mai mult sau mai puţin pronunţate ale apendicelor. Astfel, la unii peşti ca *Anguila* sau *Muraena* înotătoarele perechi se reduc sau dispar complet (fig. 19). Printre amfibieni gymnophionele actuale sînt apode. În grupul reptilelor, lacertilianul *Anguis fragilis* este apod. Reducerea, pînă la dispariţie, a membrelor la aceste din urmă două forme este atestată de faptul că în cursul dezvoltării lor embrionare apar schiţe ale picioarelor.

Dintre şerpi, la *Pyton* persistă resturi ale oaselor bazinului (ilion) şi un rest de femur, cu o gheară externă care apare pe laturile cloacului.

La păsări constatăm rudimentizarea aripilor: la *Dinornis* (a trăit în Noua Zeelandă) ele au dispărut complet, la struţ şi la kivi ele persistă în stare rudimentară.

La numeroase animale se constată reducerea şi chiar dispariţia ochilor. Dintre nevertebrate, la numeroase specii cavernicole troglobionte de viermi, crustacei, insecte etc. ochii au dispărut complet. La diferite genuri de peşti cavernicoli nord-americani din fam. *Amblyopsidae* ochii se află în variate stadii de reducere. Dintre amfibienii cavernicoli, adulţii din speciile genului *Typhlotriton* au ochii atrofiaţi. La *Proteus* ochii, de asemenea, sînt reduşi. Acelaşi fenomen îl întîlnim la o serie de mamifere: cîrtiţă, orbete, *Chrysochlorus* (insectivor african), *Notoryctes* (marsupial).

La diferite grupe de mamifere găsim variate organe pe cale de reducere. De pildă, la cetacee, care descind din patrupede terestre, trecerea la viaţa acvatică a produs numeroase şi importante modificări. O serie întreagă de trăsături utile în viaţa terestră au dispărut ori s-au redus, s-au modificat în mediul acvatic. Învelişul păros a dispărut la cetacee. Există însă unele vestigii ale lui: cîţiva peri izolaţi la puii de delfin dar care dispar şi ei la naşterea puilor; balenele au cîteva zeci de peri. Mediul acvatic a determinat profunde modificări ale aparatului locomotor la cetacee. Deşi membrele au dispărut, s-au păstrat rudimentele bazinului, reprezentat prin pubis şi ischion, iar membrul — prin femur şi tibie, toate reduse şi situate în grosimea pielii. La masculi, oasele rudimentare ale bazinului au căpătat o nouă funcţie, aceea de inserţie a corpilor cavernoşi ai penisului.

La om, Ch. Darwin a arătat că există peste 100 organe rudimentare ca, de pildă, membrana nictitantă sau a treia pleoapă reprezentată prin pliul semilunar din colţul intern al ochiului, muşchii urechii externe, muşchii capului, numeroşi alţi muşchi, apendicele ileocecal, pilozitatea redusă a corpului etc.

În acelaşi plan al ştiinţelor morfologice, *embriologia comparată* a animalelor aduce numeroase dovezi în sprijinul unităţii şi, totodată, al diversităţii lumii animalelor.

Cele mai elocvente în acest sens sînt nenumărate fapte care ilustrează *legea biogenetică fundamentală* a lui E. Haeckel: „Şirul de

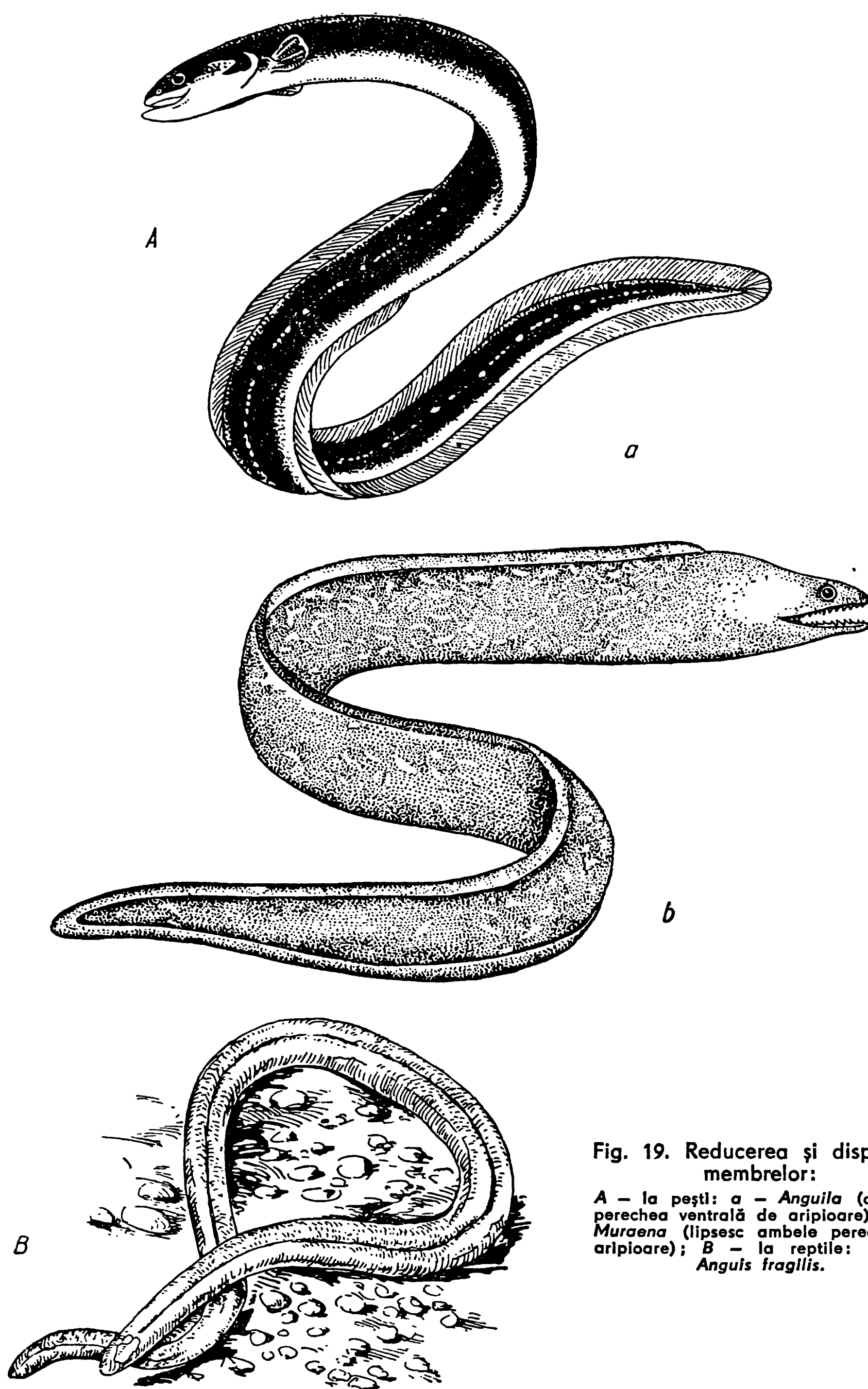


Fig. 19. Reducerea şi dispariţia membrelor:

A — la peşti: *a* — *Anguila* (dispare perechea ventrală de aripioare); *b* — *Muraena* (lipsesc ambele perechi de aripioare); *B* — la reptile: şopîrla *Anguis fragilis*.

forme pe care-l parcurge un organism (individul) în timpul dezvoltării sale de la ou pînă la starea adultă *(ontogenia)* reprezintă o recapitulare scurtă şi concentrată a lungului şir de forme parcurs de strămoşii organismului dat sau de forma iniţială a speciei lui de la cele mai îndepărtate timpuri ale aşa-numitei creaţii organice pînă în prezent *(filogenia)*"; sau, pe scurt, „ontogenia este repetarea rezumativă a filogeniei".

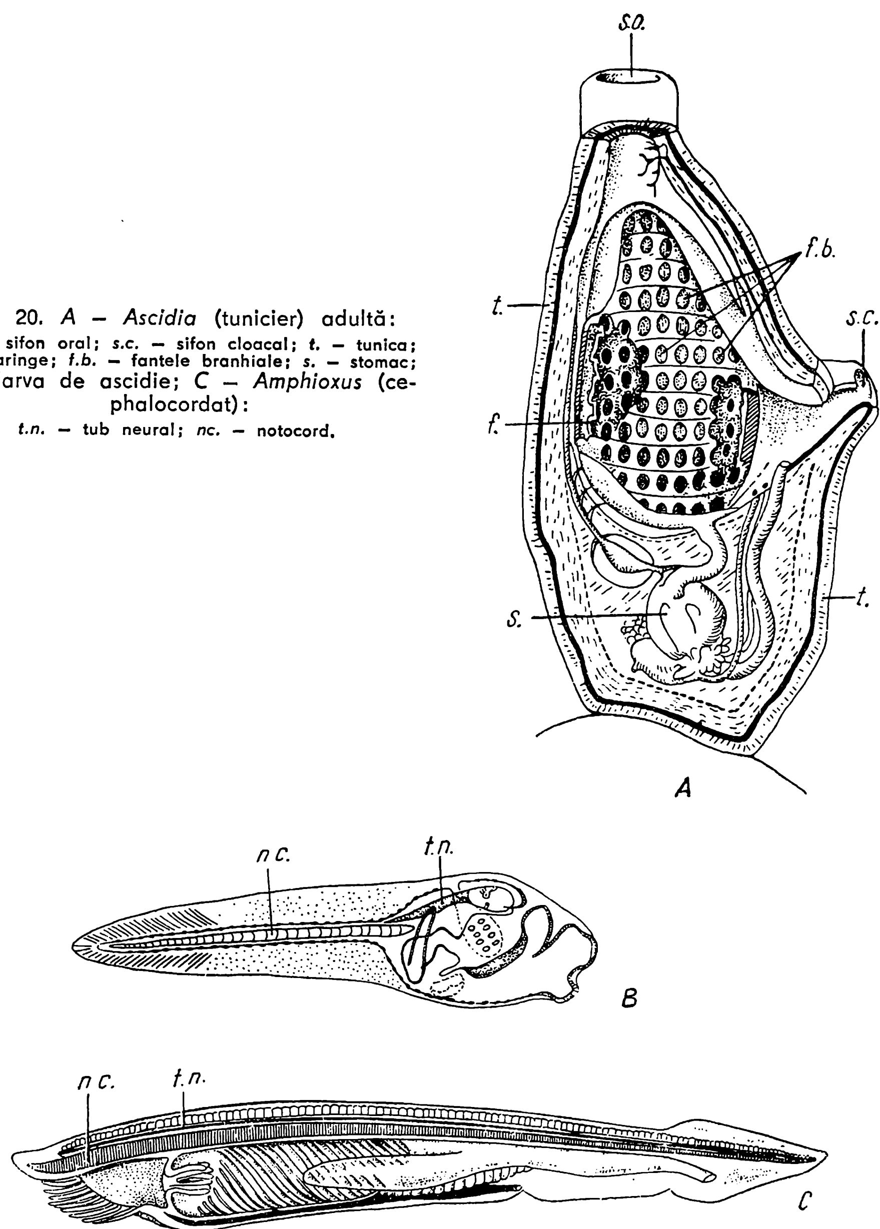
Deşi aplicarea practică a acestei legi întîmpină adesea mari dificultăţi, ceea ce face ca unii biologi să nege valoarea ei ştiinţifică, totuşi recapitularea unor etape ale filogeniei în cursul ontogeniei organismelor este o realitate indiscutabilă şi reprezintă un veritabil instrument de lucru în vederea stabilirii înrudirilor reale şi a originii diferitelor grupe de organisme.

Iată cîteva dovezi atît din grupul vertebratelor cît şi al nevertebratelor. Cu aproape un secol în urmă, cercetările embriologice au arătat că stadiile cele mai timpurii ale dezvoltării oului sînt, practic, foarte asemănătoare la toate metazoarele: segmentarea oului, stadiul de blastulă, a celui de gastrulă, fapt ce nu se poate explica decît prin originea comună a tuturor grupelor de metazoare. La aceeaşi concluzie duc cercetările embriologice ale cordatelor. Astfel, ascidiile adulte sînt animale sesile, avînd în aparenţă toate trăsăturile unui nevertebrat. În cursul dezvoltării lor individuale parcurg un stadiu larvar care diferă complet de animalul adult şi este alcătuit după planul unui cordat (fig. 20). Larva ascidiei duce viaţă liberă, are o coardă dorsală, sistem nervos dorsal, tubular; intestinul în zona faringiană are fante branhiale care funcţionează ca un aparat respirator; în peretele ventral al faringelui este prezent endostilul, servind ca organ de nutriţie pasivă. Această larvă este alcătuită foarte asemănător cu larva de *Branchiostoma,* dovedind apartenenţa ascidiilor la încrengătura cordatelor.

La embrionii timpurii ai vertebratelor superioare (păsări, mamifere) apar unele organe care nu persistă pînă la stadiul adult şi care, totodată, au aceeaşi structură (sînt omoloage) cu organe caracteristice vertebratelor inferioare în stare adultă. Este vorba de dezvoltarea schiţelor unui aparat branhial cuprinzînd fante branhiale prin care cavitatea faringiană comunică cu mediul extern, începutul scheletului branhial, al musculaturii, nervilor şi al vascularizării tipice unui aparat branhial de la peşti. Însă, în timp ce la peşti acest aparat persistă, îndeplinind funcţie respiratorie, la păsări şi mamifere el involuează, în stadiile mai tîrzii fantele se obliterează, iar scheletul şi musculatura capătă cu totul alte destinaţii, intrînd parţial în alcătuirea aparatului hioidian.

Studiul aparatului excretor la vertebrate oferă un alt exemplu de aceeaşi natură. În cursul ontogeniei vertebratelor superioare, după cum se ştie, dezvoltarea rinichilor trece prin trei etape, fiecare reprezentînd de fapt organe excretoare calitativ diferite, structural şi funcţional. Stadiul cel mai primitiv este cel de *pronefros,* urmează cel de *mezonefros* şi apoi cel de *metanefros.* Metanefrosul este caracteristic pentru toate vertebratele superioare. În acelaşi timp, de pildă la ciclostomii adulţi, mai persistă urme de pronefros, iar la vertebratele inferioare adulte rinichiul este reprezentat prin mezonefros, avînd aceeaşi structură cu mezonefrosul embrionar de la vertebratele superioare.

Fig. 20. *A* – *Ascidia* (tunicier) adultă:
s.o. – sifon oral; *s.c.* – sifon cloacal; *t.* – tunica; *f.* – faringe; *f.b.* – fantele branhiale; *s.* – stomac;
B – larva de ascidie; *C* – *Amphioxus* (cephalocordat):
t.n. – tub neural; *nc.* – notocord.



Scheletul bazinului la reptilele adulte este alcătuit din trei perechi de oase independente — ilion, ischion şi pubis. Aceste oase le găsim bine individualizate la embrionii mamiferelor, în timp ce în stadiul adult ele se contopesc formînd osul iliac, în care nu se mai pot distinge elementele lor componente. Aceasta este o dovadă în plus a originii mamiferelor din grupul reptilelor.

Dezvoltarea cutiei craniene la păsări atestă originea acestora din reptile. Într-adevăr, în timp ce la păsările adulte oasele cutiei craniene sînt complet sudate, la embrioni și chiar la puii mici oasele sînt încă separate și aceleași ca la craniul reptilelor adulte.

La balenele fără dinți *(Mystacoceti)*, în stadiul embrionar există numeroși dinți atestînd proveniența lor de la forme înzestrate cu dinți.

La embrionul de cal în vîrstă de 5—7 săptămîni, la picioare se dezvoltă pe lîngă degetul III (care persistă la adult) și degetele II și IV, arătînd descendența calului din forme cu mai multe degete, fapt demonstrat și prin documente paleontologice.

Numeroase fapte privind embriologia nevertebratelor reprezintă, totodată, dovezi ale originii comune a diferitelor grupe. Pe baza unor asemenea fapte a devenit posibilă stabilirea exactă a apartenenței sistematice a unor specii sau grupe întregi.

Crustaceele ciripede (de exemplu, *Balanus, Lepas* etc.), printre altele, se caracterizează prin faptul că duc o viață sedentară, fiind fixați mai ales de stînci. Unii reprezentanți însă se fixează de corpul balenelor, al rechinilor. Această schimbare de substrat a deschis calea către parazitism. De exemplu, *Sacculina* a devenit parazit al crabilor pe care se fixează. Forma adultă (fig. 21) are forma unui sac, fixat pe partea ventrală a abdomenului crabului cu ajutorul unui fel de peduncul ce se ramifică în tot corpul crabului și servește pentru absorbirea hranei. Corpul sacculinei nu prezintă urme de organizație a unui crustaceu: lipsesc apendicele, lipsește segmentarea corpului, intestinul. Practic, tot sacul este plin cu ouă. Această deformare profundă datorită vieții parazitare (evoluție divergentă, prin care s-a îndepărtat de unitatea grupului) a făcut multă vreme imposibilă stabilirea poziției sistematice a parazitului. Urmărind însă dezvoltarea individuală s-a constatat că din ouă de *Sacculina* apar larve *nauplius* care arată apartenența la clasa crustaceilor. Nauplius se metamorfozează apoi dînd larva *cypris* asemănătoare cu ostracodele și caracteristică tuturor ciripedelor. Această larvă, fixîndu-se pe crab, se transformă în sacculina adultă.

Trebuie subliniat că studiul parazitismului reprezintă un vast domeniu care oferă o foarte bogată gamă de dovezi în sprijinul evoluției.

Cu excepția unor grupuri de viermi *(Trematode, Cestode)*, în întregime reprezentate prin specii parazite, toate celelalte specii de paraziți aparțin unor grupuri în care alte specii apropiate duc viață liberă. Aceasta arată că parazitismul reprezintă o stare secundară a unor specii cu viață

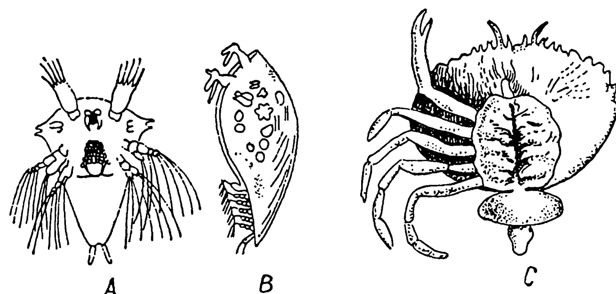
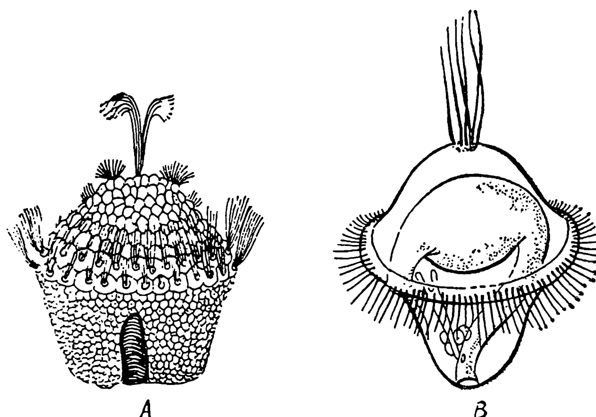


Fig. 21. Stadii în dezvoltarea crustaceului *Sacculina*: *A* — nauplius; *B* — larva cypris; *C* — crabul cu sacculina.

Fig. 22. *A* — veliger — larvă de molusc gasteropod prosobranhiat; *B* — trochofora — larvă de anelid.



liberă, este rezultatul adaptării lor față de alte specii cu care conviețuiau. În al doilea rînd se remarcă o mare specificitate a paraziților, constînd în faptul că în majoritatea cazurilor o specie parazitează o anumită gazdă sau gazde apropiate între ele, fapt care se explică prin adaptarea reciprocă a parazitului și a gazdei, deci prin evoluția lor comună, corelată.

Parazitismul, schimbînd profund condițiile de viață ale parazitului (asigurarea cu hrană, relațiile cu mediul etc.), determină adesea transformări profunde în întreaga organizare a parazitului, în toată biologia lui, astfel încît se pierd adesea trăsăturile caracteristice ale speciei și chiar ale unităților mai mari, îngreuind sau chiar făcînd imposibilă stabilirea poziției sistematice a speciei. De multe ori acest lucru devine posibil doar prin studiul dezvoltării individuale. *Sacculina* reprezintă doar un exemplu de acest fel, la care se pot adăuga numeroase fapte de aceeași natură. Amintim în acest sens grupe de izopode *Epicaridae* care parazitează pe crustacei, *Cymathoidieni* care parazitează pe pești. De asemenea, pot fi amintite aici unele copepode parazite pe pești. La multe specii din aceste grupe numai dezvoltarea embrionară în decursul căreia apar stadii încă nedeformate de parazitism (dovedind viața, inițial liberă, a acestor specii) trădează apartenența lor sistematică.

În același fel, asemănarea larvei *veliger* a unor moluște (multe lamelibranhiate marine) cu larva *trochofora* a anelidelor demonstrează descendența ambelor grupe dintr-un grup strămoșesc comun (fig. 22).

2.1.4. DOVEZI DIN DOMENIUL SISTEMATICII

Studiile de sistematică biologică furnizează nenumărate și impresionante documente privind unitatea de origine și, totodată, evoluția diversificatoare a formelor vieții. Sistematica filogenetică prin însăși conținutul ei esențial este reflectarea, mai mult sau mai puțin perfectă, a înrudirii grupelor de viețuitoare, deci a unității lor și, totodată, a descendenței unor grupe din altele preexistente.

Folosind criterii din ce în ce mai numeroase (morfologice, biogeografice, fiziologice, ecologice, biochimice, genetice) sistematica arată că speciile se grupează, firesc, în unități superioare — genurile, acestea în

familii, apoi ordine, clase etc. În această ierarhie a unităților, grupele de un anumit rang aparținînd unei unități superioare (de pildă, speciile aparținînd unui gen, genurile aparținînd unei familii etc.) seamănă între ele (după cele mai diferite criterii) mai mult decît cu taxonii altor unități de același rang. Aceasta este o regulă de mare generalitate și ea nu poate fi explicată științific decît admițînd descendența din strămoși comuni, mai mult sau mai puțin îndepărtați, deci o unitate de origine urmată de evoluția divergentă a grupelor.

Ca să ne dăm seama de uriașa amploare realizată în diversificarea formelor vii este suficient să amintim că astăzi există aproximativ o jumătate de milion de specii de plante și circa 1,5 milioane specii de animale. Ca să ne convingem că această diversitate practic nelimitată (mai ales dacă la formele actuale adăugăm un număr și mai mare de specii dispărute) reprezintă doar expresii diferite ale unității lumii vii, ne vom opri asupra unei singure categorii de fapte, dintre care vom cita doar cîteva exemple: *formele de legătură intermediare între unități sistematice, de diferite ranguri.* Existența acestor forme, care adesea pun la grea încercare pe sistematicieni, reflectă într-o anumită măsură imperfecțiunea sistemelor de clasificare (deci a unui factor subiectiv), dar totodată, și în măsura cea mai mare, *reflectă o realitate obiectivă — înrudirea reală, originea comună a grupelor ale căror trăsături sînt îmbinate în aceste forme intermediare.* În acest sens, dintre cele mai elocvente sînt *formele de legătură dintre regnul vegetal și animal.*

În manuale și tratate de zoologie și de botanică, la grupele cu organizare monocelulară sau monocelulare coloniale, găsim numeroase mențiuni și descrieri ale acelorași forme, într-un loc tratate ca aparținînd regnului animal, în altul ca fiind plante. În această situație sînt, de pildă, genurile *Euglena, Gonium, Pandorina, Eudorina, Volvox* etc. cu numeroase specii. Situația aceasta este impusă de caracterele reale ale grupelor citate: existența organitelor fotosensibile, a cytostomului *(Euglena)*, a unor trăsături ale dezvoltării individuale ce conferă acestor forme caractere de animale; dar prezența clorofilei și, deci, a fotosintezei reprezintă una din trăsăturile esențiale ale plantelor.

În cadrul regnului animal se cunosc, din fauna actuală sau fosilă, numeroase grupe de legătură între unități de diferite ranguri.

Deosebit de interesant și semnificativ în acest sens este grupul *Enteropneusta* (din încrengătura *Stomochordata*), situat la baza cordatelor. Reprezentanți tipici ai acestui grup de animale sînt specii ale genurilor *Saccoglossus* și *Balanoglossus* (fig. 23). Speciile acestui din urmă gen sînt animale vermiforme, avînd dimensiuni de la cîțiva centimetri pînă la 2,5 m. Trăiesc în zona litorală a mărilor, în substratul nisipos. Corpul este împărțit în trei porțiuni bine distincte: prosoma (trompa), mezosoma (guler) și metasoma (trunchi). În dezvoltarea individuală aceste animale parcurg un stadiu larvar — *tornaria* — care, prin structura ei, este foarte asemănătoare cu larva *pluteus* a echinodermelor, mai ales a holoturiilor. Prezența orificiilor branhiale în peretele faringelui, aspectul tubular al cordonului nervos din mezosomă, o formațiune din prosoma adesea omologată cu un început de coardă dorsală, toate aceste

caractere apropie pe *Balanoglossus* de cordate. Pe de altă parte, structura unei bune părți a sistemului nervos, musculatura pereților corpului trădează asemănări cu anelidele. Deși poziția sistematică a acestui grup și a altora apropiate de el nu este încă bine definită, este clar că avem de-a face cu un grup care întrunește trăsături ale diferitelor încrengături, demonstrînd înrudirea și originea lor comună.

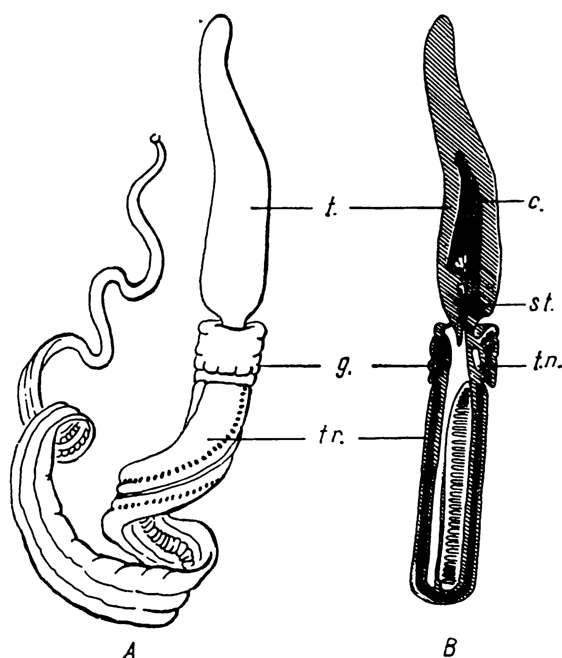


Fig. 23. Structura unui *Enteropneust (Hemichordat)*: *A* — animalul întreg; *B* — structura schematică a părții anterioare:
t. — trompa; *g.* — guler; *tr.* — trunchi; *c.* — celom; *st.* — stomocord; *t.n.* — tub neural.

Un interes considerabil prezintă clasa *Ctenophora* din încrengătura *Coelenterata*. Din această clasă fac parte genurile *Beroe, Cestus*, ale căror specii înoată liber în masa apei, precum și alte genuri ca *Coeloplana, Ctenoplana*, care se pot așeza pe substrat și se pot deplasa pe suprafața lui cu ajutorul mișcărilor ciliare. O serie de trăsături ale acestui grup, și mai ales ale ultimelor două genuri menționate, sînt comune cu grupul viermilor din clasa *Turbellaria:* mișcarea cu ajutorul cililor, același tip de organizare a tubului digestiv format din faringe, stomac și ramificații cecale, prezența statocistului, începutul apariției stratului mezodermic în cursul dezvoltării individuale a ctenoforelor, strat bine dezvoltat la turbelariați. De subliniat, de asemenea, apariția la ctenoforele tîrîtoare a simetriei bilaterale, legată de acest mod de viață, contrar simetriei radiare specifice formelor care înoată liber în masa apei. Trăsăturile amintite ale ctenoforelor, grup întrucîtva aberant față de restul celenteratelor, arată originea filogenetică a turbelariatelor din celenterate.

Originea artropodelor terestre din viermii anelizi este demonstrată prin trăsăturile structurale „intermediare" ale reprezentanților unui mic grup — clasa *Protracheata*. Aceștia sînt animale de mărimea unei omizi de sfingid (circa 5 cm). Cele aproximativ 20 specii din 8 genuri sînt răspîndite în America de Sud, Antile, Malaysia, Australia, Africa. Trăiesc în locuri umede, întunecoase, pe sub scoarța copacilor, sub pietre. Cea mai bine cunoscută este specia *Peripatus capensis* din Africa de Sud. O serie de trăsături ale acestui animal sînt tipice pentru artropode: transformarea primelor perechi de apendici în piese bucale, apendici terminați cu piese chitinoase articulate (tars), prezența inimii, sistemul respirator trahean. Dar, pe de altă parte, o serie de trăsături importante îl

apropie de anelide: învelişul dermomuscular al corpului cu muşchi netezi structuraţi la fel cu ai anelidelor, segmentarea homonomă a corpului, apendicii alcătuiţi foarte asemănător cu parapodiile anelidelor, aparatul excretor alcătuit din nefridii situate metameric.

Numeroase forme fosile întrunesc caractere ce atestă unitatea de origine a unor grupe sistematice diferite. De pildă, stegocefalii (amfibii primitive ce au trăit în devonian şi carbonifer) păstrează o serie de caractere ale peştilor trădînd originea lor din acest din urmă grup: unii aveau corpul acoperit total sau parţial cu solzi de aceeaşi origine ca ai peştilor, craniul era căptuşit pe partea ventrală cu osul parasfenoid, caracteristic peştilor, dar care mai persistă şi la amfibienii actuali; la grupul cel mai primitiv al stegocefalilor devonieni — *Ichthyostegidae* — exista osul preopercular caracteristic doar peştilor, iar organele liniei laterale erau cuprinse în canale închise, de asemenea trăsătură specifică peştilor.

De altfel, şi în fauna actuală există animale care prezintă o serie de caractere comune pe de o parte cu peştii, pe de alta cu amfibienii. Este vorba de peştii dipnoi (*Ceratodus* din Australia, *Protopterus* din Africa etc.). La aceşti peşti respiraţia este dublă — branchială şi, totodată, pulmonară. Pulmonii lor sînt omologi cu pulmonii amfibienilor, iar sistemul lor circulator este asemănător cu cel al amfibienilor.

Pe de altă parte, se cunosc forme fosile care reprezintă tranziţii de la amfibieni la reptile. În acest sens putem cita grupul primitiv al *Cotilosaurienilor*. Tot aici trebuie amintit *Archaeopterix*, gen de păsări primitive care au trăit în jurasic şi care prezintă, alături de trăsături tipice păsărilor (forma generală a corpului, pene etc.), şi o serie de caractere reptiliene: coada lungă, formată din 18—20 vertebre, degete libere pe membrele anterioare, sternul plat etc. Trăsături asemănătoare le avea şi *Archaeornis*.

Trecerea de la reptile la mamifere o atestă reptilele fosile din grupul *Theriodontia*. Înrudirea cu aceste grupe o vedem şi în faptul că printre mamiferele actuale monotremele (*Echidna*, *Ornitorhynchus*, ambele din Australia) se mai înmulţesc prin ouă, au homeotermia imperfectă şi glande mamare foarte slab dezvoltate.

2.1.5. DOVEZI DIN DOMENIUL BIOGEOGRAFIEI

Acest domeniu oferă o importantă categorie de dovezi privind unitatea de origine şi evoluţia lumii vii.

Suprafaţa planetei noastre, structura ei geografică, nu sînt imuabile, ci, după cum arată paleogeografia, ele au suferit importante schimbări în decursul erelor geologice. Aceste schimbări sînt de o mare complexitate. Ele afectează poziţia continentelor pe glob, raporturile dintre uscat şi apele oceanelor, configuraţia continentelor, relieful şi clima, structura reţelelor hidrografice etc. Este firesc că asemenea schimbări au drept consecinţă transformări profunde ale florei şi faunei globului, repartiţia geografică a speciilor. Prin schimbarea condiţiilor de viaţă ele determină transformarea speciilor, adaptarea lor la noile condiţii apărute, deci evoluţia biologică.

În urma transformărilor geografice ale suprafeţei globului, grupele

care erau unitare apar adesea fragmentate pe teritorii cu condiţii diferite, grupe care erau despărţite capătă adesea posibilitatea să se unească, creîndu-se noi şi complexe relaţii biologice. De aceea, se poate afirma că repartiţia geografică actuală a florei şi faunei pe glob reflectă evoluţia geografică şi biologică desfăşurată în trecutul planetei noastre şi care continuă şi astăzi. Studiul acestei evoluţii, atunci cînd poate fi făcut, atestă de fiecare dată unitatea de origine a multor grupe biologice, astăzi mai mult sau mai puţin depărtate între ele (geografic şi sistematic), ca rezultat al evoluţiei divergente.

Un prim exemplu semnificativ ni-l oferă o comparaţie între regiunile zoogeografice ale globului, deci între faunele unor mari şi complexe teritorii. În prezent, se admite existenţa a opt regiuni zoogeografice terestre:

1. *Regiunea Neozeelandeză* cuprinde insulele Noii Zeelande şi o serie de insule apropiate.

2. *Regiunea Australiană* cuprinde Australia, Tasmania, Noua Guinee, arhipelagurile Bismark, Solomon, Timor şi alte insule.

3. *Regiunea Polineziană* cuprinde majoritatea insulelor din Oceania.

4. *Regiunea Neotropicală* cuprinde America de Sud şi Centrală, precum şi insulele Antile.

5. *Regiunea Malgaşă* (madagasică) cuprinzînd insula Madagascar şi o serie de insule mici (Seişele, Amirante, Comore, Mascarene).

6. *Regiunea Etiopiană* cuprinde Africa la sud de Sahara, precum şi unele insule.

7. *Regiunea Indo-Malaieză* (Orientală) cuprinde India, Sri Lanka, arhipelagul Indo-Chinez, arhipelagul Malaiez, inclusiv insulele Bali şi Filipine.

8. *Regiunea Holarctică.*

Posibilitatea şi, totodată, necesitatea acestei împărţiri a faunei terestre şi, deci, caracterul obiectiv al ei rezultă din faptul că fiecare regiune este populată de un complex faunistic caracteristic. Specificul acestor complexe faunistice este rezultatul evoluţiei comune a faunelor, pe teritorii izolate de vreme îndelungată, şi a însăşi evoluţiei geologice şi geografice a acestor teritorii, precum şi a legăturilor dintre ele.

Oprindu-ne mai ales asupra grupului mamiferelor şi făcînd o comparaţie între diferitele regiuni zoogeografice, constatăm o serie de fapte care arată o evidentă legătură dintre evoluţia configuraţiei continentelor şi a acestor grupe de animale.

Două aspecte frapează în răspîndirea actuală a mamiferelor, ca de altfel şi a altor animale. Pe de o parte, teritorii astăzi foarte îndepărtate între ele sînt populate de specii sau alte unităţi superioare, identice sau foarte îndeaproape înrudite, care, evident, prin forţe proprii, nu au putut depăşi spaţii vaste oceanice care despart aceste teritorii.

Această situaţie se poate ilustra prin numeroase fapte: prezenţa multor specii de mamifere înrudite, actuale sau fosile, în America de Nord şi Asia, în America de Nord şi Europa; afinităţi evidente ale faunei de mamifere din Australia şi America de Sud; prezenţa maimuţelor în Africa şi America de Sud etc.

Pe de altă parte, teritorii geografice apropiate astăzi sînt populate de forme foarte diferite. Exemplul cel mai elocvent este zona foarte în-

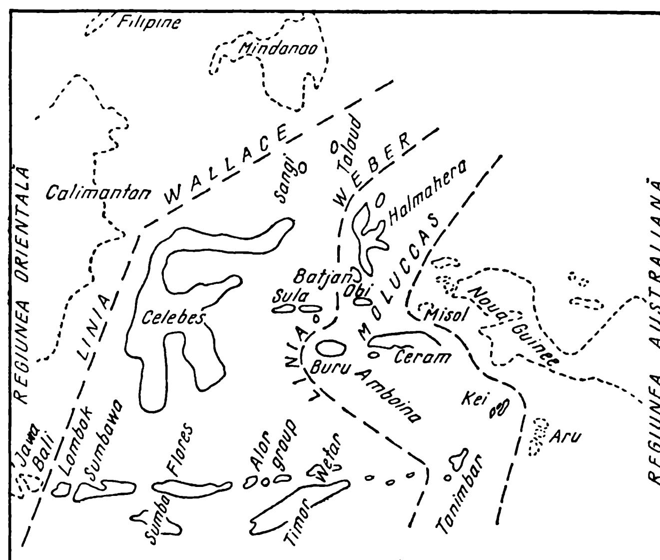


Fig. 24. Zona de trecere *(Wallacea)* între Regiunea Orientală și Regiunea Australiană.

gustă (cîteva mile) care desparte regiunea indo-malaieză (orientală) de cea australiană, zonă cunoscută sub denumirea de *linia Wallace* (fig. 24).

Ne vom opri mai tîrziu asupra aspectelor și explicațiilor particulare privind faptele menționate. Cauza generală care a determinat aceste aspecte „anormale" ale răspîndirii multor grupe de animale și a influențat evoluția lor o reprezintă faptul că structura geografică a continentelor, configurația geografică a uscatului și oceanelor de pe planeta noastră nu au fost totdeauna așa cum sînt astăzi ci s-au schimbat în decursul erelor geologice. Aceste schimbări se explică prin deriva continentelor.

Pînă în paleozoicul superior (acum circa 200—250 milioane ani), continentele planetei noastre formau un singur bloc cunoscut sub denumirea de *Pangea* (fig. 25). La finele paleozoicului și începutul mezozoicului, Pangea se desface în două grupe continentale, unul nordic *(Laurasia)*, în a cărui alcătuire intrau actualele continente America de Nord, Europa și Asia și unul sudic *(Gondwana)*, alcătuit din actualele teritorii America de Sud, Africa, Peninsula Arabică, Ins. Madagascar, India, Australia, Antarctica. Aceste două grupuri continentale erau separate prin Marea Tethys. Răspîndirea reptilelor fosile de la sfîrșitul paleozoicului și începutul mezozoicului confirmă această situație.

La sfîrșitul triasicului, acum aproximativ 200 milioane de ani, cînd apare grupul mamiferelor, începe și fragmentarea celor două grupe continentale și se despart treptat actualele uscaturi. Cam în aceeași perioadă se înregistrează o puternică dezvoltare a plantelor cu flori și, corelat, a insectelor polenizatoare. Fragmentarea Laurasiei și a Gondwanei a dus la apariția și lărgirea treptată a Oceanului Atlantic, formarea Oceanului Indian prin migrarea Indiei spre Asia, deplasarea Australiei spre Asia de Sud Est.

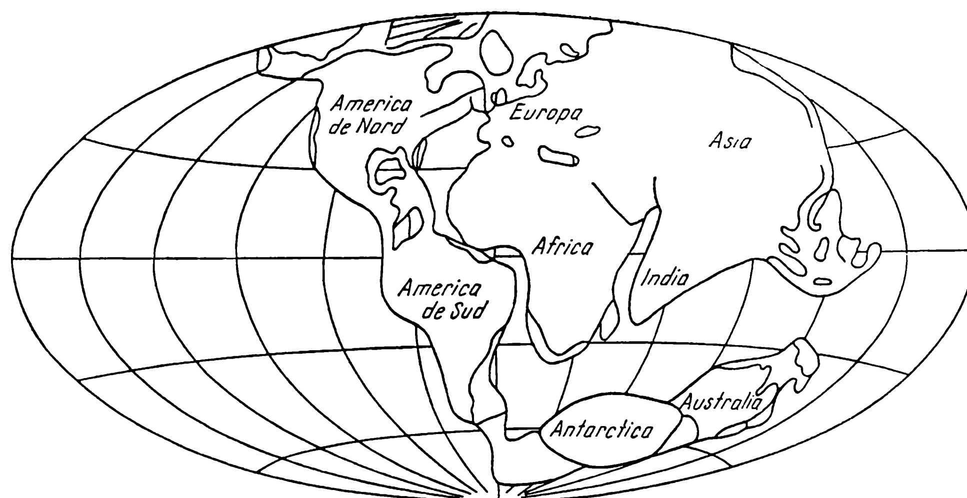


Fig. 25. Înfățișarea uscatului în paleozoic, după concepția lui Wegener.

Această deplasare a continentelor poartă numele de *deriva continentelor*. Ipoteza derivei continentelor a fost formulată în 1912 de Alfred Wegener, dar dovezile hotărîtoare care au confirmat justețea ei au fost obținute abia în perioada actuală.

Una din cele mai importante dovezi ne oferă *geofizica*, prin studiul paleomagnetismului. Este vorba de magnetizarea cu caracter permanent pe care o dobîndesc rocile în timpul formării lor. La formarea lui, acest magnetism are liniile de forță orientate după direcția cîmpului geomagnetic din perioada dată, deci orientate spre polul magnetic. Acest magnetism remanent, deși slab, este extrem de constant și, fapt esențial, își păstrează neschimbată orientarea liniilor de forță față de rocile în care este format (deci nu față de polul magnetic). De aceea, schimbarea poziției rocii va atrage schimbarea și a direcției liniilor de forță. Cunoscînd vîrsta rocii și direcția din acea perioadă a cîmpului geomagnetic, diferența dintre această direcție și direcția liniilor actuale ale paleomagnetismului din acea rocă se vor datora schimbării poziției uscatului în care este situată roca. Aceasta permite urmărirea în decursul perioadelor geologice a deplasării continentului. Într-adevăr, comparînd direcția liniilor de forță a magnetismului remanent din Europa și din America de Nord, se constată o deplasare și, totodată, o mișcare de rotire a Americii de Nord, în sensul că mai întîi s-a îndepărtat de Europa partea sudică a Americii de Nord, iar partea nordică s-a desprins de Europa (cu întreruperea legăturii pe uscat) mai tîrziu, în terțiar, la sfîrșitul mezozoicului și chiar în eocen (acum 70—80 milioane ani).

După cum vom vedea ceva mai departe, biologia oferă importante mărturii în sprijinul acestei păreri.

Deocamdată să amintim că și *geografia*, ca și *geologia*, furnizează argumente convergente: corespondența complementară a formei continentului Sud American cu al Africii, mai ales dacă ținem seama de contururile platformei continentale a celor două continente. Compararea

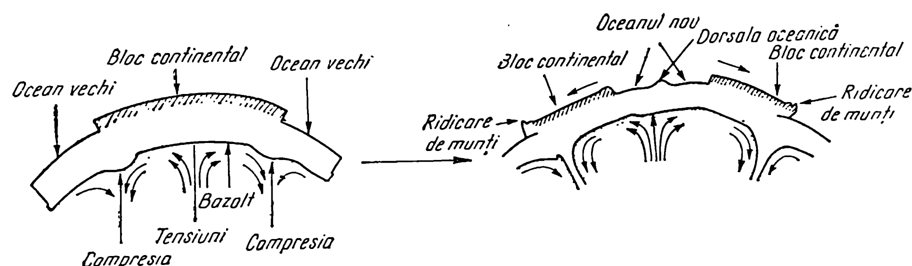


Fig. 26. Reprezentarea schematică a mecanismului care determină deriva continentelor.

structurii lor geologice arată, de asemenea, că unele structuri foarte vechi, „nederanjate“, prezintă continuitate între cele două continente (dacă le apropiem).

Cauza generală a derivei continentelor o reprezintă *expansiunea fundului oceanelor*. Aceasta, la rîndul ei, se datorează faptului că blocurile continentale și întreaga litosferă, groasă de circa 100 km, este situată pe o pătură plastică, groasă de sute de km *(astenosfera)*. Curenții de convecție care apar în această pătură plastică sub presiunea blocurilor continentale determină pe de o parte expansiunea fundului oceanic, iar pe de altă parte, drept consecință, deplasarea continentelor (fig. 26 și 27). Astfel, în lungul Oceanului Atlantic, de la nord la sud, se ridică o mare creastă, Dorsala Atlantică, prin care magma plastică iese la su-

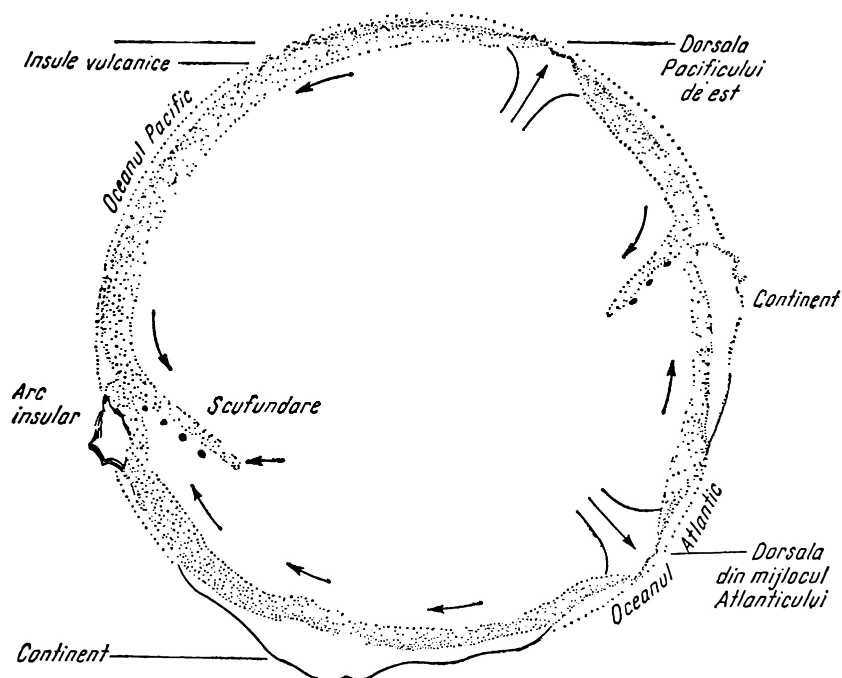


Fig. 27. Deriva continentelor, într-o secțiune schematică a globului pămîntesc.

prafață, se revarsă spre vest și est și face ca America să se îndepărteze de Europa cu cîțiva centimetri pe an. Deplasîndu-se spre vest, America „încalecă“ peste formațiunile geologice de pe fundul Oceanului Pacific, fapt care determină cutarea marginii continentului și, deci, ridicarea lanțului muntos (Cordilieri, Anzi) care străbate de la nord la sud ambele Americi. Africa se deplasează treptat către N, NE, presînd asupra Europei și Asiei, determinînd ridicarea lanțului de munți Alpino-Carpatic, ca și fenomenele seismice din toată zona. India s-a deplasat spre NE, s-a alăturat Asiei, iar presiunea ei asupra sudului Asiatic a dus la ridicarea marilor masive muntoase din centrul continentului, proces care continuă și astăzi. Australia s-a deplasat și ea spre NE, apropiindu-se mult de marginea de SE a blocului Asiatic.

Efectele biologice ale derivei continentelor. Deriva continentelor, desfășurată în ultimele aproximativ 200 milioane ani, a avut numeroase și complexe efecte biologice, care reprezintă dovezi ale derivei dar și ale evoluției biologice.

Faune și flore întregi, care pînă la un moment dat aveau areale continui în care s-a desfășurat evoluția lor corelată, au fost fragmentate prin ruperea arealelor datorită despărțirii uscaturilor. Din acel moment, separat pe fiecare uscat, evoluția biologică a continuat pe alte căi, proprii condițiilor de pe fiecare continent. În alte împrejurări, faune și flore care au apărut și evoluat separat, departe una de alta, au devenit apropiate sau chiar s-au unit prin noi legături care s-au stabilit ca urmare a apropierii sau chiar a unirii uscaturilor respective, și în acest caz mersul evoluției lor s-a schimbat datorită noilor corelații.

Vom examina mai îndeaproape unele consecințe ale derivei continentelor asupra evoluției unor grupe de animale. Astfel, deosebit de semnificativă apare *istoria marsupialelor*. După cum se știe, astăzi, patria marsupialelor este Australia, dar există două familii de marsupiale și în America de Sud. Cum se explică această repartiție bizară? Studiul marsupialelor fosile arată că grupul a apărut în America de Nord pe la mijlocul mezozoicului. De aici s-a răspîndit treptat în America de Sud de unde, probabil, prin Antarctida (pînă în prezent aici nu s-au găsit marsupiale fosile), au ajuns în Australia (fig. 28). Această răspîndire a marsupialelor este o dovadă a existenței Gondwanei. Din America de Nord, unele marsupiale au reușit să treacă și în Europa în perioada cînd legătura pe uscat nu era întreruptă. Aceasta explică prezența genului *Peratherium*, descris de Cuvier, lîngă Paris. Acest fapt atestă persistența legăturii dintre America de Nord și Europa pînă în terțiarul inferior. Lipsa marsupialelor fosile în Asia arată că ele au pătruns din America de Nord direct în Europa, prin zona Nord Atlantică.

Pînă nu demult, în zoologie exista părerea că placentarele derivă din marsupiale. În prezent, tot mai multe opinii înclină, pe baza datelor atît anatomice cît și paleontologice, spre ideea că ele sînt două grupe surori, la care viviparitatea a apărut independent și pe căi diferite.

Datele paleontologice atestă faptul că marsupialele nu sînt mai vechi decît placentarele și că ambele grupe au apărut la începutul cretacicului, dar zona de înflorire a marsupialelor a fost America de Nord, pe cînd a placentarelor — Eurasia. Între Eurasia și America de Nord s-au produs numeroase schimburi de specii. Peste 30 genuri de mami-

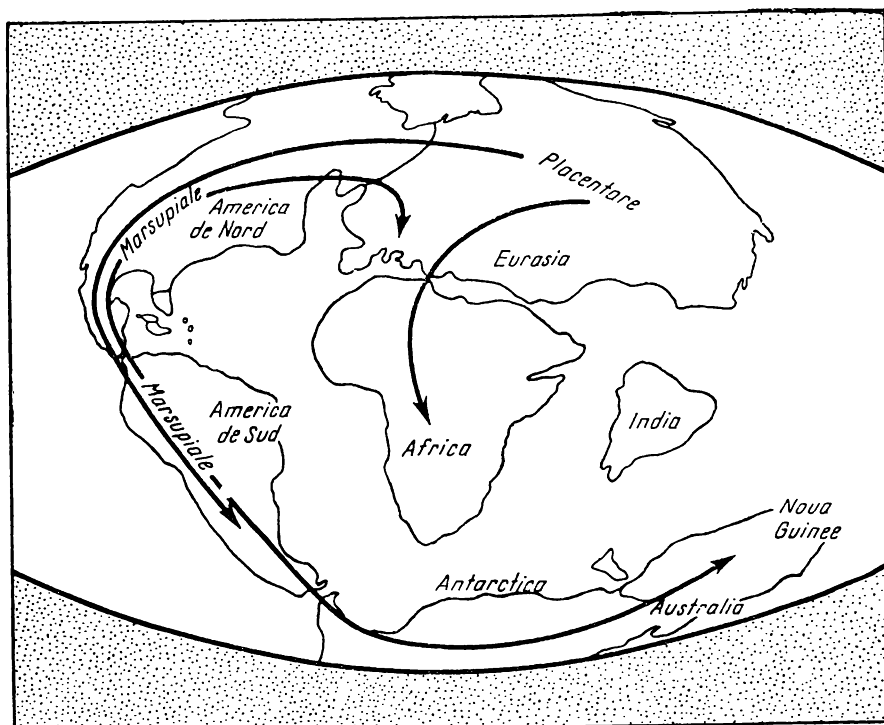


Fig. 28. Originea geografică și căile de răspîndire a placentarelor și marsupialelor (după R. Hoffstetter, cu modificări, 1976).

fere sînt comune pentru Europa și America de Nord, pînă în eocen, atestînd existența pînă la acea perioadă a legăturii directe între cele două continente în zona Nord-Atlantică. Apoi această legătură se întrerupe prin îndepărtarea Americii de Nord. Persistă însă multă vreme legătura Americii de Nord cu Asia prin uscatul din actuala zonă a strîmtorii Behring, scufundat abia în cuaternar.

Prin această zonă, numeroase animale avînd originea asiatică au trecut în America de Nord iar altele de origine americană au trecut în Asia. Așa se explică existența a numeroși taxoni comuni pentru subregiunile neoarctica și palearctica. De pildă, iepurele polar, zibelina, nevăstuica, lupul, vulpea, ursul brun, elanul, renul, castorul și alte specii sînt comune pentru ambele părți ale holarcticei. Aceste fapte justifică reunirea Americii de Nord și a Asiei într-o singură regiune — holarctică. Dar la fel de important este și faptul că specii apropiate, făcînd parte din același gen sau familie, unele trăiesc în America de Nord, altele în Eurasia. În această situație sînt, de pildă, specii din familia *Ochotonidae* (ord. rozătoarelor) și din alte familii de rozătoare, specii din familia *Bovidae* (bizonul american și zimbrul), din familiile *Cervidae, Canidae* etc.

Acestea, ca și alte fapte asemănătoare, justifică împărțirea regiunii holarctice în două subregiuni și se explică prin aceea că speciile respec-

tive, izolate pe teritorii diferite prin apariția strîmtorii Behring, au evoluat sub influența unor condiții diferite.

Deși formarea (datorită scufundării) strîmtorii Behring probabil nu este legată direct de deriva continentelor, ea completează istoria legăturilor dintre America de Nord, Europa și Asia și permite explicarea corectă a evoluției divergente a faunelor acestor trei continente și, deci, demonstrarea originii comune a multora dintre ele.

Examinarea evoluției paleontologice a unor grupuri de animale a adus confirmări strălucite pe de o parte asupra originii comune a multor elemente faunistice din neoarctic și paleartic, iar pe de altă parte demonstrează legătura indisolubilă între evoluția geologică-geografică a continentelor și evoluția biologică.

Unul din cele mai elocvente exemple îl reprezintă *evoluția grupului cailor (Equidae)* (fig. 29). Cei mai vechi strămoși ai grupului se cunosc din eocen din America de Nord — *Eohippus* și din Europa — *Hyracot-*

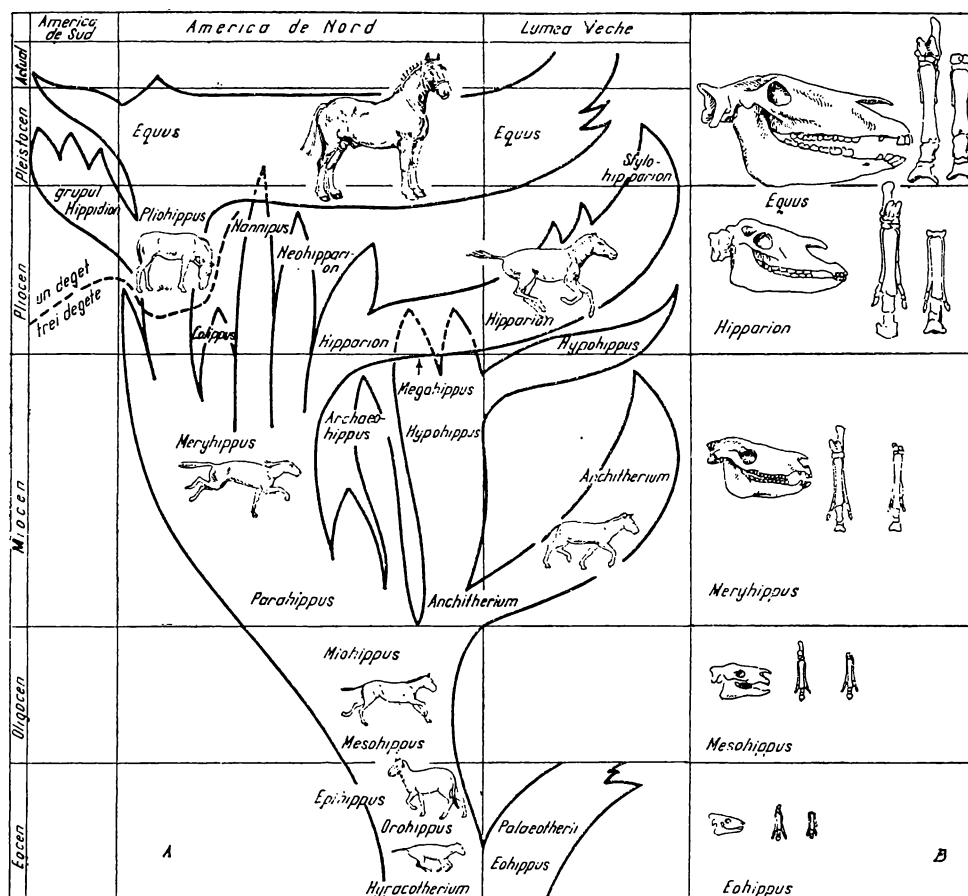


Fig. 29. Răspîndirea și evoluția cailor: *A* — evoluția filogenetică; *B* — transformarea picioarelor și a capului.

herium. Trebuie subliniat că apariția genului *Hyracotherium* în Europa (și nu în Asia) este încă o dovadă că în eocen mai exista comunicarea pe uscat între America și Europa prin zona Nord Atlantică. Mai tîrziu, toate migrațiile s-au produs prin zona Behring.

Forma europeană a dispărut chiar în eocen, astfel încît evoluția grupului a continuat pe teritoriul american. Formele amintite erau animale mici, de dimensiunile unor pisici. Aveau 4 degete la picioarele anterioare și 3 la cele posterioare. Dentiția era brahiodontă (rădăcini scurte, coroana joasă, molarii de sus cu cîte 6 tuberculi, cei de jos cu cîte 4). Dentiția era adaptată la hrănirea cu lăstari și frunziș fraged de arbuști din zone împădurite umede. Aceste forme erau apropiate de strămoșii comuni ai imparicopitatelor în care intră și rinocerii.

În eocen și oligocen evoluția strămoșilor cailor se desfășura în America de Nord. Formele care urmează — *Orohippus* și *Epihippus* (eocen), *Mezohippus* și *Miohippus* (oligocen) aveau talia mare, dentiția bunodontă (3—6 tuberculi, trunchiați prin triturarea hranei), iar numărul degetelor de la picioare începe să se reducă: la ambele perechi cîte 3 degete. În miocen se produce o primă migrare a formelor americane în Eurasia, unde ele evoluează independent, dînd genuri noi ca *Anchitherium* și *Hipohippus*, avînd structura asemănătoare cu formele americane din oligocen.

În miocen, pe continentul american, evoluția continuă prin apariția succesivă a mai multor genuri, printre care menționăm pe *Parahippus* și *Meryhippus*, care aveau tot cîte 3 degete la toate picioarele, însă numai degetul III atingea solul, celelalte nemaifiind funcționale. Aceasta denotă trecerea la viața de teren deschis, sporirea vitezei de fugă, schimbarea modului de hrană, al cărei component principal erau ierburile. Aceasta a dus la dezvoltarea dentiției hipselodonte (intervalele crestelor erau umplute cu ciment). Printre aceste forme trebuie citat și *Hipparion*, care apare la începutul pliocenului în America și în cursul aceleiași perioade migrează în Lumea veche.

Tot în pliocen, în America, apare *Pliohippus*, care cuprinde mai multe specii, ce prezentau trecere continuă (de la 3 degete la picioare la 1 deget), în ce privește talia și dentiția, la genul *Equus*, deci la caii actuali. Aceste forme efectuează un nou val de migrații din America de Nord în Eurasia, în cursul pleistocenului, dar, totodată, ele pătrund și în America de Sud, prin legătura ce a apărut în această perioadă între cele două Americi. Din cauze necunoscute încă, în pleistocen reprezentanții cailor dispar de pe continentul american și sînt readuși aici din Europa, după descoperirea Americii.

Chiar din expunerea foarte sumară a evoluției paleontologice și geografice a grupului cailor se constată, de data aceasta pe bază de documente paleontologice foarte abundente, nu numai originea comună a tuturor reprezentanților grupului dar și legătura indisolubilă între evoluția acestui grup, răspîndirea lui geografică actuală și evoluția geografică a teritoriilor holarctice.

În același sens pledează evoluția asemănătoare, deși mai puțin spectaculoasă, a *cămilelor (Camelidae)*. După cum se știe, această familie este reprezentată astăzi prin două grupuri de specii: cămile propriu-zise, care trăiesc în Asia și Africa și grupul lamelor din America de Sud

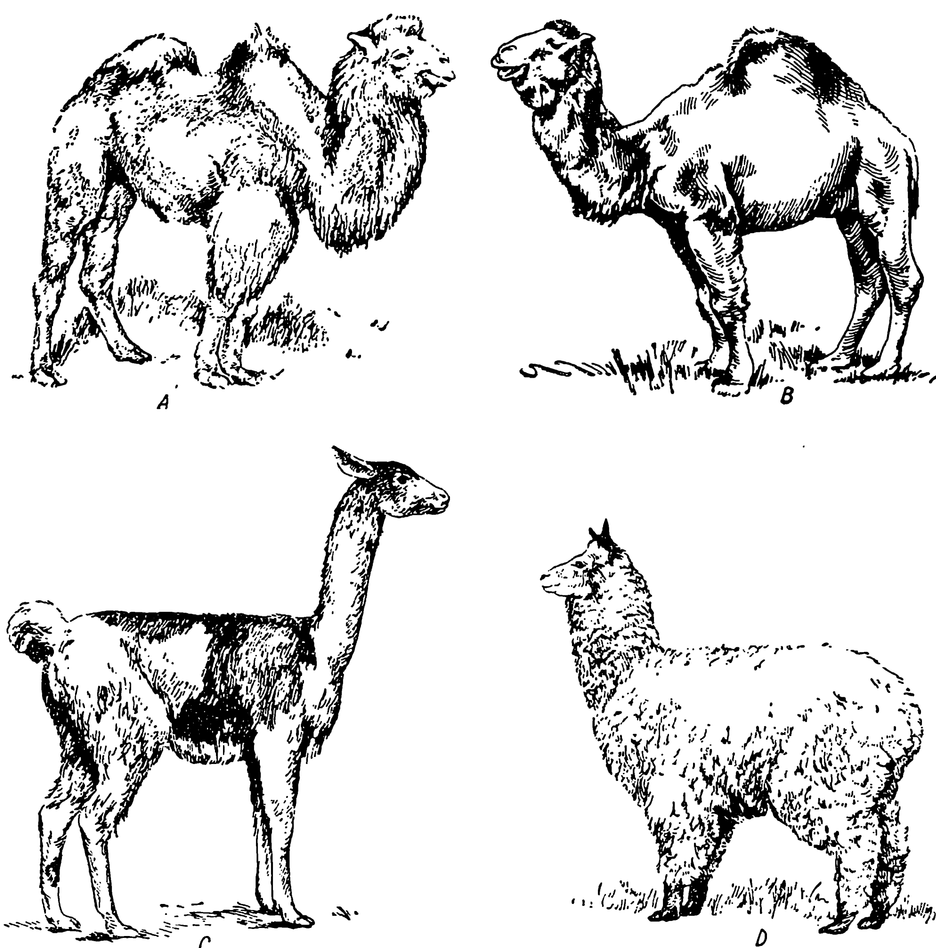


Fig. 30. Camelidele actuale: *A – Camelus bactrianus; B – Camelus dromedarius; C – Lama glama* (lama); *D – Lama pacos* (alpaca).

(fig. 30). Răspîndirea actuală a acestui grup pare cu totul de neînțeles dacă nu recurgem la trecutul său istoric. Cel mai vechi și primitiv ascendent cunoscut al camelidelor apare la începutul oligocenului, în America de Nord. Era ceva mai mic decît o oaie, avea picioare bidigitate (deci ca la formele actuale). Grupul a dat o însemnată radiație adaptativă pe continentul de origine ale cărui limite nu le-a depășit pînă în pliocen. În această epocă se diferențiază clar două linii divergente: una care cuprinde forme apropiate de lame, iar alta de cămilele adevărate. Tot în pliocen se produce trecerea cămilelor propriu-zise din America de Nord în Asia (de aici mai tîrziu în Africa). În pleistocen cămilele capătă o largă răspîndire în Asia și Africa, iar linia evolutivă a lamelor pătrunde în America de Sud. În America de Nord cămilele au dispărut relativ recent (mai tîrziu decît caii) din motive, de asemenea, necunoscute.

O istorie asemănătoare o are și grupul *rinocerilor*, care descinde, probabil, din forme apropiate de *Eohippus* sau *Hyracotherium*, deci din niște strămoși comuni cu grupul cailor. Nu este de mirare deci că originea rinocerilor se află tot pe continentul nord-american de unde au pătruns în Asia încă din eocen. În America de Nord grupul a dispărut în pliocen, dar și-a continuat evoluția în lumea veche, unde astăzi este reprezentat prin 4 genuri localizate în regiunea Indo-Malaeză și în cea Etiopiană.

Un interes deosebit din punct de vedere al legăturii dintre evoluția paleogeografică, zoogeografică și biologică îl prezintă fauna Americii de Sud (regiunea neotropicală). Fauna acestei regiuni, net individualizată și caracteristică, cuprinde o mare bogăție de forme (condițiile naturale sînt foarte variate și favorabile evoluției divergente) printre care numeroase grupe primitive care atestă o evoluție de sine stătătoare în condiții de îndelungată izolare. Dacă ne referim la mamifere, 23 familii ale acestei clase sînt autohtone în America de Sud. Dintre acestea, sînt de remarcat: două familii de marsupiale — *Didelphidae* (din această familie o specie de *Opossum* a pătruns în America de Nord) și *Caenolestidae;* întreg ordinul edentatelor, cuprinzînd trei familii: *Myrmecophagidae* (furnicari), *Bradypodidae* (leneși) și *Dasypodidae* (tatui, pangolini); toate maimuțele platirine, mai multe familii de rozătoare și de chiroptere. Afară de aceasta, genuri și specii endemice destul de multe sînt dintre carnivore (din familia *Procyonidae*) și dintre *Cervidae*. Dintre mamifere este de remarcat lipsa insectivorelor. Fauna de păsări, de asemenea, este bogată în endemisme: 22 familii endemice. Este de remarcat totodată faptul că multe grupe de diferite ranguri sînt comune cu cele din alte regiuni zoogeografice îndepărtate. Există familii destul de multe de reptile comune cu cele din Australia, din Africa, la fel în ce privește amfibienii, ca și o serie de grupuri de nevertebrate terestre.

O problemă aparte și dificilă o reprezintă aceea a *prezenței maimuțelor*, grup de origine africană, în America de Sud. Este evident că maimuțele platyrhine din America de Sud provin din Africa. Dar legăturile pe uscat între cele două continente s-au întrerupt în cretacic, datorită derivei spre Vest a Americii de Sud, iar maimutele apar brusc în America de Sud, mult mai tîrziu, în oligocen, cînd Oceanul Atlantic de Sud era deja deschis. Ipoteza acreditată astăzi este aceea că maimuțele au ajuns în America de Sud din Africa, traversînd Atlanticul prin insule („plute") naturale, plutitoare, antrenate de ape din Africa (R. Hoffstetter, 1976). Acest fapt era favorizat în acea vreme de lărgimea considerabil mai mică a Atlanticului de Sud și de curentul ecuatorial în direcția est-vest care, scăldînd coasta Americii de Sud, putea trece nestingherit spre Pacific, între cele două Americi neexistînd istmul actual Panama. Se pare că pe aceeași cale au pătruns aici și unele rozătoare.

O serie de elemente faunistice sînt comune cu cele din America de Nord.

Toate aceste fapte arată pe de o parte o îndelungată evoluție izolată a faunei sud-americane, fără legături cu alte continente, iar pe de altă parte, pătrunderea în unele perioade a elementelor din alte regiuni pe continentul sud-american. Într-adevăr, datele paleogeografice arată că în paleozoic-mezozoic America de Sud făcea parte din marele uscat

al Gondwanei (fig. 28), împreună cu Australia şi Africa de Sud, ceea ce explică o serie de trăsături faunistice comune (de exemplu, prezenţa marsupialelor). Legăturile cu Australia s-au întrerupt în jurasic, iar cu Africa s-au păstrat pînă în cretacic. Urmează o lungă perioadă de izolare, pînă în eocen, cînd se presupune că s-a stabilit pentru un timp legătura cu America de Nord, cînd au pătruns în regiunea neotropicală o serie de reprezentanţi ai faunei nordice (vertebrate şi nevertebrate), apoi această legătură s-a întrerupt pînă în pliocen, cînd s-a restabilit, căpătînd configuraţia actuală.

Această istorie complexă explică şi complexitatea structurii faunistice a acestei regiuni. Speciile imigrante ajunse în America de Sud dădeau o bogată radiaţie adaptativă în perioadele de îndelungată izolare, producînd numeroase grupe endemice, dar păstrînd multe caractere de primitivitate.

În perioadele de legături cu America de Nord au pătruns de aici specii mai evoluate (de exemplu, cervide, camelide, unele carnivore etc.).

Faptele prezentate mai sus arată că deşi Lumea Nouă este astăzi izolată şi la mare distanţă de Lumea Veche, între elementele lor faunistice există numeroase legături de înrudire. Aceasta, după cum s-a văzut, se explică prin întreruperea arealelor unice, în care au apărut şi au evoluat grupele, întrerupere datorată derivei continentelor sau scufundării unor teritorii (zona Behring), fenomene în urma cărora grupele de animale, izolate geografic, se diferenţiază între ele evoluînd pe căi diferite, de sine stătătoare.

Vom analiza acuma un fapt „anormal", în care faune foarte apropiate geografic sînt totuşi foarte diferite între ele; ele au origini diferite, pe teritorii iniţial foarte îndepărtate şi care, datorită aceluiaşi proces al derivei continentelor, s-au apropiat între ele. Este vorba de o zonă îngustă care desparte două regiuni geografice: Orientală şi Australiană.

În figura 24 se redă în detaliu configuraţia zonei: la Vest, această zonă este delimitată de Regiunea Orientală prin linia Wallace; la est, delimitarea de Regiunea Australiană este marcată prin linia Weber. Zona aflată între cele două linii poartă numele de *Wallacea* (sau zonă de trecere).

Fără a intra în analiza amănunţită a repartiţiei geografice a elementelor floristice şi faunistice din această zonă — problemă complexă şi care este departe de a fi clarificată în întregime — vom releva unele trăsături generale privind relaţiile geografice între unele elemente faunistice.

După cum se poate vedea pe figură, în partea de sud linia Wallace trece între insulele Bali (din regiunea Orientală) şi Lombok (din Wallacea). Deşi distanţa dintre ele este mică (15 mile), deosebirea dintre faunele lor este foarte mare. De pildă, în Bali sînt o serie de mamifere care lipsesc în Lombok: trei specii de insectivore arboricole, două specii de maimuţe, un furnicar, două veveriţe, un leopard, tigrul. Unele mamifere au trecut totuşi la est de Bali, dar se pare că omul este acela care a determinat răspîndirea lor. Foarte puţine mamifere australiene au reuşit să treacă la vest de Noua Guinee.

Dacă urmărim fauna de reptile în lungul şirului de insule de la Bali la Aru (din regiunea Australiană), constatăm că în Bali 93,9% de specii

fac parte din fauna orientală, în timp ce această faună în Aru este reprezentată doar prin 22,2%, iar cea Australiană — în Bali de 6,1% şi în Aru de 77,8%.

Fauna de peşti dulcicoli din regiunea orientală este deosebit de bogată. Deşi situaţia de detaliu este complexă, menţionăm doar faptul că speciile de peşti dulcicoli din Ins. Kalimantan (Borneo) nu le regăsim în insula Celebes. De aceea, linia Wallace trece între aceste două insule. Aceste deosebiri profunde între faunele unor teritorii astăzi atît de apropiate se explică prin aceea că Australia, ca şi Noua Guinee, au făcut parte din Gondwana, făcînd corp comun cu Antarctida şi, datorită derivei, s-au deplasat spre nord-est, apropiindu-se de zona de sud-est a Asiei în timpuri relativ recente. Între cele două regiuni s-a creat o zonă de tranziţie (Wallacea) prin care se produce astăzi o treptată întrepătrundere a celor două faune de origini diferite.

Examinarea istoriei faunelor şi florelor insulare face posibilă explicarea originii elementelor lor componente, caracterul endemic şi adesea primitiv, ca şi diversificarea lor.

Din punct de vedere al originii lor, insulele sînt de două feluri: continentale şi oceanice. Primele reprezintă părţi ale unui uscat continental, separate la un moment dat de restul continentului prin spaţii marine sau oceanice. Insulele oceanice nu au avut legături cu vreun continent ci sînt rezultatul ridicării fundului oceanic fie datorită activităţii vulcanice (insule vulcanice), fie datorită activităţii coralierilor (insule coraliene de origine biogenă).

Indiferent de natura insulelor, fauna şi flora care le populează posedă cîteva trăsături caracteristice, rezultate din specificul corelaţiilor insulare şi al proceselor evolutive în aceste condiţii. Astfel, biocenozele insulare se remarcă printr-o sărăcie relativă a componenţei lor floristice şi faunistice şi, de aici, prin simplitatea relativă a organizării.

În legătură cu această trăsătură trebuie subliniat că numărul de specii din insule, cît şi diversitatea taxonilor depind de numeroşi factori: distanţa faţă de continente, vechimea insulei, dimensiunile şi diversitatea condiţiilor de pe insulă, starea iniţială a biocenozei (în insulele continentale rămîne o parte mai mult sau mai puţin importantă din biocenoza continentală, în cele oceanice la început biocenoza este inexistentă), de poziţia insulei faţă de curenţii oceanici, faţă de vînturile dominante, faţă de căile de migraţie a păsărilor etc. Aceste condiţii determină şi o anumită selectivitate a speciilor imigrante, influenţînd componenţa biocenozei insulare.

Sărăcia relativă a componenţei determină simplitatea biocenozei. În asemenea biocenoze dereglările echilibrului lor dinamic se produc cu uşurinţă *(v. Autorelgarea şi stabilitatea biocenozelor — Capit. 4)* şi se soldează adesea cu dispariţia unor specii pătrunse şi stabilite pe insulă, fapt care contribuie şi mai mult la sărăcia structurii biologice.

Simplitatea structurii şi a relaţiilor biologice determină un ritm lent al desfăşurării selecţiei. Aceasta face posibilă supravieţuirea în insule a unor forme primitive şi rămînerea în urmă (faţă de speciile continentale) a ritmului şi nivelului general al evoluţiei. Deci însăşi structura biocenozelor insulare este consecinţa procesului evoluţiei şi o demonstrare a realităţii acestuia.

O altă trăsătură caracteristică o reprezintă *relativa bogăţie în endemisme* a florelor şi faunelor insulare. Această trăsătură este, de fapt, urmarea celei dinainte. Încetinirea ritmului general al evoluţiei face ca elementele insulare, cu trecerea timpului, să se deosebească tot mai mult de cele ale continentelor, care evoluează mai repede. Selecţia nu numai că dobîndeşte un ritm mai lent în insule dar îşi modifică, în mod necesar şi sensul de acţiune, deoarece condiţiile insulare (abiotice şi biologice) sînt în orice caz diferite de cele de pe uscatul continental. Evident că schimbarea ritmului şi sensului evoluţiei va duce la apariţia unor endemisme insulare. La aceşti factori se adaugă unul nu mai puţin important: sărăcia biocenozelor insulare face ca ele să fie nesaturate, să prezinte deci numeroase locuri neocupate, nevalorificate în economia lor, nişe ecologice libere. De aceea unele specii ajunse în insulă în lipsa concurenţilor şi duşmanilor din biocenoza de origine se vor putea înmulţi şi diversifica, dînd numeroase forme (subspecii, specii) endemice. Aşa se explică faptul că uneori, în insule, unele genuri au mai multe specii decît pe continente. În esenţă, deci, specificul florelor şi faunelor insulare se explică prin încetinirea ritmului, prin schimbarea şi diversificarea sensului de acţiune al selecţiei.

Încercăm să ilustrăm cele spuse prin cîteva exemple: Madagascarul este una din marile insule continentale de pe glob. S-a separat de Africa la începutul terţiarului. Strîmtoarea Mozambic este largă şi adîncă, încît legăturile biologice cu continentul sînt, practic întrerupte pentru majoritatea speciilor. Izolarea îndelungată a determinat (datorită cauzelor expuse mai înainte) un pronunţat specific faunei Malgaşă — sărăcia relativă de forme, primitivismul multora dintre ele, numărul mare de endemisme. Fauna de mamifere este foarte caracteristică: peste 70% din totalul speciilor îl reprezintă grupul lemurienilor (primate primitive), cu circa 50 de specii. Din acest grup trei familii sînt endemice *(Lemuridae, Indrisiidae, Daubentoniidae).* Insectivorele sînt reprezentate prin forme primitive. Amintim din acest grup familia *Tenrecidae (Centetidae).* Tenrecidele sînt cele mai primitive insectivore şi, deci, cele mai primitive placentare actuale. Ca aspect exterior seamănă cu aricii obişnuiţi. De remarcat că familia este reprezentată prin 10 genuri şi peste 20 specii care manifestă o importantă radiaţie adaptativă: unele specii trăiesc la suprafaţa solului (ca aricii), altele sînt săpătoare, iar altele duc viaţă amfibie. Unele specii ale genului *Centetes* ajung la peste 40 cm lungime, fiind cele mai mari insectivore actuale. La fel carnivorele sînt reprezentate prin familia primitivă *Viveridae,* răspîndită şi în Africa. Pe lîngă acestea, mamiferele sînt reprezentate prin *Cricetidae* endemice şi prin *Soricidae.* Muridele şi o specie de porc este posibil să fi fost introduse de multă vreme de către oameni. Pînă nu demult (pleistocen) trăia în Madagascar şi o specie de hipopotam.

Majoritatea speciilor de păsări sînt endemice. Menţionăm că pînă în urmă cu două secole în insulă trăia genul *Aepyornis,* pasăre mare cu aripi rudimentare, exterminată de oameni. În insulele Comore (care intră în regiunea Malgasă) trăia o altă pasăre nezburătoare uriaşă — *Didus ineptus* — înrudită cu porumbeii, exterminată şi ea în timpuri recente.

Fără să intrăm în analiza altor elemente faunistice, caracterul primitiv și endemic al faunei Madagascarului apare evident. Dacă facem o comparație cu fauna africană unde trăiesc majoritatea copitatelor evoluate, carnivorelor evoluate, maimuțelor din grupe superioare *(Cercopitecidae, Anthropomorphidae)* ne dăm seama și mai bine de rămînerea în urmă a ritmului evoluției în fauna Madagascarului.

Spre deosebire de ins. Madagascar, izolată de multă vreme de continentul apropiat (Africa), insulele continentale izolate mai recent au o faună foarte apropiată de cea a continentului respectiv. Un exemplu în acest sens îl reprezintă insulele britanice, care s-au separat de Europa în pleistocen, în postglaciar. Din această cauză nu a fost timp suficient pentru diferențierea mai importantă a speciilor. Într-adevăr, în aceste insule nu există specii endemice ci doar un număr redus de subspecii. Condițiile insulare, ca și acțiunea omului, au făcut ca o serie de specii să dispară de pe aceste insule, sărăcindu-le fauna.

Insulele oceanice oferă numeroase fapte ce ilustrează rolul condițiilor insulare în procesul evoluției și reprezintă deci tot atîtea dovezi în sprijinul evoluției. Ne vom opri asupra unui exemplu clasic — fauna insulelor Galapagos. Arhipelagul este de natură vulcanică și se află situat în Oceanul Pacific, pe ecuator, la distanța de aproximativ 1 000 km de America de Sud. Fauna acestor insule poartă o evidentă amprentă sud-americană, care-i trădează originea.

Popularea cu specii a arhipelagului s-a putut produce treptat prin transportul activ al unor animale zburătoare (păsări), prin transport pasiv prin intermediul vîntului, al curenților oceanici, obiectelor plutitoare, picioarelor păsărilor etc.

America de Sud fiind continentul cel mai apropiat, evident că numărul cel mai mare de specii imigrante a provenit de aici. Dar odată ajunse în insulă și stabilite, ritmul și sensurile evoluției acestor forme s-au schimbat profund, avînd drept rezultat un număr impresionant de endemisme, iar în unele grupe, pornind de la strămoșii comuni ajunși în insule, s-a produs o uimitoare diversificare prin radiația adaptativă a formelor.

Iată unele date ce ilustrează cele spuse. Din 108 specii de păsări cunoscute în insulele Galapagos, 82 sînt endemice. Printre păsări menționăm două genuri care au dat o puternică radiație adaptativă: genul endemic *Nesomimus* (înrudit cu genul *Mimus* din America de Sud), reprezentat prin 11 specii, și genul *Geospiza* (înrudit cu cintezele), endemic, reprezentat prin 37 specii adaptate și, uneori, specializate la cele mai variate condiții de cuibărire și de hrană.

Dintre reptile sînt semnalate 15 specii de broaște țestoase uriașe (ajung la peste 200 kg). Cu excepția a 4 specii localizate pe insula centrală, cea mai mare, celelalte sînt cîte o specie pe cîte o insulă. Broaștele țestoase au fost aproape complet exterminate de oameni. Genul de șopîrle *Phyllodactylus* (gekonid) este reprezentat prin 7 specii. Remarcabile sînt două șopîrle dintre iguanide: *Amblyrhynchus cristatus,* specie endemică, este singura șopîrlă acvatică cunoscută (înoată bine și se hrănește cu alge) și care tocmai din această cauză, putînd trece de pe o insulă pe alta (împiedică izolarea populațiilor), este reprezentată pe

diferite insule; celălalt iguanid este *Conolophus subcristatus*, terestru, diferit de la o insulă la alta.

Același lucru s-a produs cu genul de șopîrlă sud-americană *Tropidurus*, reprezentat pe insule prin 8 specii endemice, cîte una pe cîte o insulă. Dintre nevertebrate menționăm cele 48 specii de moluște terestre din care 41 sînt endemice.

În alte insule sau arhipelaguri, oceanice sau continentale, fenomenul radiației adaptative a unor grupe este, uneori, și mai pronunțat. De pildă, în timp ce pe continentul african există o singură specie a coleopterului din genul *Tarphius*, în insulele Canare sînt 28 specii; pe teritoriul Indochinei se cunosc circa 600 specii de moluște, în timp ce în Filipine (arhipelag continental) sînt aproximativ 1 100 specii; în insulele Hawaii (oceanice) se cunosc circa 300 specii și 100 subspecii de moluște, aparținînd unui singur gen de gasteropod terestru — *Achatinella*. În acest din urmă caz, fiecare specie sau subspecie este localizată în cîte o vale, împădurită, cu microclimat mai umed și separată de văile vecine prin culmi lipsite de păduri și mai uscate, care reprezintă bariere greu de trecut pentru aceste moluște.

În insule se mai produce un fenomen semnificativ, reprezentînd o frumoasă ilustrare a evoluției speciilor în condiții insulare. Specii zburătoare (păsări, insecte), ajunse odată în insule și stabilite acolo, evoluează adesea în sensul reducerii aripilor și a pierderii capacității de zbor. Cauzele apterismului la păsări sînt diferite de cele de la insecte. Păsările, ajungînd pe insule unde de obicei lipsesc dușmanii lor — mamiferele carnivore sau șerpii — pierd treptat capacitatea (și necesitatea) de a zbura. Așa se face că în faune insulare găsim destul de multe specii incapabile de zbor. Am menționat mai înainte pe *Didus ineptus* din insula Mauricius (exterminat); în Noua Zeelandă trăiește pasărea kivi; în Galapagos există un cormoran nezburător; o serie de specii nezburătoare există în Tristan da Cunha, în Mascarene, Sulawesi (Celebes), Norfolk, Hawaii etc. În cazul insectelor aflate pe mici insule oceanice bîntuite de frecvente furtuni, pierderea capacității de zbor reprezintă un important avantaj selectiv deoarece, altfel, multe insecte sînt luate de vînt și dispar de pe insulă. Așa se face că, de pildă, pe insula Madeira din 550 specii de coleoptere 200 sînt nezburătoare, iar pe alte insule din largul oceanului, cum ar fi Kerguelen, Georgia de Sud, Aukland etc., numeroase specii de coleoptere, fluturi și chiar diptere sînt lipsite de aripi.

2.1.6. DOVEZI DIN DOMENIUL PALEONTOLOGIEI

Paleontologia oferă un vast material în sprijinul ideii de evoluție. Valoarea acestui material constă mai ales în următoarele: demonstrează existența unei *succesiuni* în apariția plantelor și animalelor cu o organizare cu atît mai evoluată și mai apropiată de a celor actuale, cu cît formațiunile geologice respective sînt mai recente; deși în general lacunar, acest material este uneori suficient de *abundent* spre a permite urmărirea strînsă a evoluției unor grupuri întregi de viețuitoare (moluște, reptile, cai, elefanți, mamifere carnivore etc.); în felul acesta, materialul paleontologic demonstrează *diversificarea* treptată a formelor,

prin radiația adaptativă, pornind de la strămoși comuni. De asemenea, datele paleontologice arată *dispariția* treptată a formelor primitive și înlocuirea lor prin forme mai evoluate.

Succesiunea evolutivă a principalelor grupe de viețuitoare, redată rezumativ în tabelul 5, este bazată în prezent nu numai pe poziția relativă a formațiunilor geologice, conținînd fosile, ci mai ales pe cunoașterea *vîrstei absolute* a acestor formațiuni și, uneori, chiar a fosilelor.[1]

Determinarea vîrstei absolute a rocilor și a fosilelor se bazează pe descompunerea radioactivă lentă a unor elemente chimice. Cunoscînd, de pildă, că timpul de înjumătățire a cantității de uraniu 238 și a transformării lui în plumb în urma dezagregării radioactive este de 4,5 miliarde ani, cunoașterea raportului dintre cantitatea de uraniu 238 și de plumb 206 din unele minerale a permis calcularea vîrstei lor absolute. Pe baza aceasta s-a putut stabili că vîrsta unora dintre cele mai vechi roci de pe Pămînt este de circa 3,5 miliarde ani, iar începutul cambrianului (al erei paleozoice) se situează aproximativ acum 600 milioane ani. Posibilitatea aplicării acestei metode se bazează pe faptul că U 238 este cuprins în anumite minerale în momentul răcirii magmei și a formării mineralelor. Atunci mineralul respectiv nu conținea plumb. După răcire, începe dezagregarea uraniului și, deci, începe funcționarea acestui „ceasornic radioactiv". Metoda este indirectă și exactitatea determinărilor relativă. Într-adevăr U 238 este conținut în roci cristaline (și nu în toate), care nu conțin fosile decît în mod cu totul excepțional. Deci aprecierea vîrstei absolute a formațiunilor fosilifere se poate face doar indirect, prin poziția lor relativă față de rocile cristaline conținînd U 238. Vîrsta determinată este aproximativă (ca dovadă, ea diferă de la autor la autor, de la o determinare la alta), dar la vîrsta de sute de milioane de ani aproximația de cîteva milioane practic nu este semnificativă. Pentru vîrste mai recente și mai mici (sub 40 000 ani) este folosit izotopul ^{14}C. În ultima vreme, pentru determinarea vîrstei absolute, sînt folosiți izotopii de potasiu și argon. Deoarece datele obținute prin metoda „ceasornicului radioactiv" coincid cu rezultatele cercetărilor paleontologice și geologice și le confirmă, sînt acceptate ca reflectînd corect realitatea succesiunii evenimentelor geologice și paleontologice.

Erele și perioadele geologice, stabilite în esență pe baza succesiunii formelor fosile, sînt adesea marcate prin procese de orogeneză (ridicare de lanțuri muntoase) care, modificînd raporturile dintre uscat și apă, condițiile climatice etc. aduc importante schimbări în condițiile de viață și, de aici, imprimă noi ritmuri și sensuri de diversificare ale evoluției biologice.

Din examinarea tabloului geocronologic prezentat (tab. 5) se pot desprinde cîteva concluzii semnificative.

1. În decursul erelor și perioadelor geologice se produce o *anumită succesiune* de forme, de la cele primitive, cu o organizare (plan de struc-

[1] Nu intrăm în redarea amănunțită a succesiunii istorice a viețuitoarelor, deoarece ea poate fi găsită în orice manual de paleontologie și în cele mai diferite manuale de biologie.

Tabelul 5

Succesiunea geocronologică a formelor vieții

Ere și perioade geologice	Vîrsta absolută în milioane ani	Durata în milioane ani	Unele condiții abiotice	Principalele evenimente biologice
1	2	3	4	5
Arhaic	3 600	2 000	Activitate vulcanică intensă	Lipsesc fosilele. Cantitățile mari de grafit denotă existența vieții, probabil sub formă de bacterii
	Prima orogeneză cunoscută			
Proterozoic	1 585	1 000		Alge, ciuperci, protozoare marine. Spre sfîrșitul epocii apar viermi (planarii, anelide), spongieri, echinoderme, moluște, artropode acvatice, are loc formarea solului
	A doua orogeneză cunoscută			
Paleozoic — Cambrian	585	80	Clima temperată	Dintre celenterate apare clasa *Scyphozoa;* apare *Chaetognata,* dintre anelide apare *Chaetopoda.* Domină trilobiții (peste 1 000 specii) și *Brachiopoda.* Dintre echinoderme apar *Asteroidea, Holoturoidea;* apar moluște: lamelibranhiate (ord. *Toxodonta),* gasteropode prosobranchiate, cefalopode *(Nautiloidea);* apar crustacei *(Ostracode).* Dintre *Arachnomorpha* apar *Eurypterida (Gigantostraca), Xyphosura;* apar protracheate. La sfîrșitul cambrianului existau, de fapt, toate încrengăturile de nevertebrate
Paleozoic — Ordovician	505	80	Transgresiuni marine; clima caldă	Abundă algele marine; abundă coralieri, trilobiți, moluște variate, brahiopode (apare genul actual *Lingula*); apar primele cordate (ciclostomi, ostracodermi)

Tabelul 5 (continuare)

	1	2	3	4	5
Paleozoic	Silurian	425	50	Exondarea treptată a uscatului; mări continentale mari; clima devine treptat mai secetoasă	Abundă algele; apar primele plante terestre *(Psilofitale)*; dintre celenterate apar *Hydrozoa, Anthozoa;* dintre moluşte apare *Amphineura* (genul actual *Chiton*); dintre echinoderme apar clasele *Ophiuroidea* şi *Echinoidea;* apar bryozoare; dintre arachnomorphe abundă gigantostraceii (genul *Eurypterus*); apar artropode terestre: insecte fără aripi, scorpioni; abundă agnate (ostracodermi); apar peştii placodermi şi *Chondrichtyes* (cartilaginoşi)
		Orogeneza caledoniană			
	Devonian	375	50	Continuă ridicarea uscatului; numeroase glaciaţiuni, clima aridă; mări continentale mici; multe roci roşcate, cărămizii, ca lateritele actuale	Flora terestră bogată, primele plante cu seminţe; dintre moluştele cefalopode apar amoniţii; dintre gasteropode apar pulmonatele; dintre crustacei apar phyllopode; apar miriapode; dintre peştii cartilaginoşi apar ord. *Cladoselachii, Pleuracanthodi, Selachii* (rechini); apar peşti osoşi: ord. *Chondrostei* (genul actual *Polypterus*), *Crossopterigieni, Dipnoi;* apar primii amfibieni (stegocefali)
		Începe orogeneza hercinică			
	Carbonifer	325	85	La început clima este caldă şi umedă, apoi ridicarea continentelor duce la răcire; mari zone mlăştinoase în care se formează cărbuni de pămînt	Extinderea maximă a licopodialelor; apar gimnosperme; maximul dezvoltării crinoidelor; apar gasteropode opistobranhiate; apar numeroase ordine actuale de insecte *(Ephemeroptera, Odonata, Orthoptera);* se extind stegocefalii diversificaţi; între ei apare ord. *Seymouriamorpha* cu genul *Seymouria*, care reprezintă trecerea la reptile; apar primele reptile, de exemplu, ord. *Cotylosauria*

Tabelul 5 (continuare)

	1	2	3	4	5
Paleozoic	Permian	240	15	Clima devine tot mai aridă	Scăderea licopodialelor și a pteridospermelor. Dispar grupe vechi (trilobiți, gigantostracei etc.). Apar alte ordine actuale de insecte. Se diversifică reptilele. Apar reptile (ord. *Therapsida*) cu trăsături de mamifere
Mezozoic		*Desăvîrșirea orogenezei hercinice începută în devonian*			
Mezozoic	Triasic	225	60	Clima aridă	Dispar stegocefalii; continuă diversificarea reptilelor. Apar ordine actuale ca *Rhynchocephalia, Crocodilia;* apar ord. *Dinosauria* și ord. *Ichtiosauria*, avînd unele caractere de mamifere; apar mamifere monotreme
Mezozoic	Jurasic	165	30	Regresiunea oceanelor. Se separă Australia de celelalte continente	Apar unele genuri actuale de conifere; dintre amfibii apar anurele; apar reptile zburătoare (de exemplu, genul *Pterodactylus*); apar păsări cu dinți, ca genurile *Archaeopteryx, Archaeornis;* dinosaurienii ating maximum de dezvoltare; apar mamifere marsupiale
Mezozoic	Cretacic	135	60	Formarea munților Alpi, Himalaia, Anzi, Cordilieri	Apar fanerogame; dintre amfibii apar urodelele; dispar dinosaurienii; dispar păsările cu dinți; apar păsări adevărate; apar și se extind mamiferele insectivore
Terțiar		*Orogeneza alpină*			
Terțiar	Paleocen	75	10		Extinderea mamiferelor primitive; apar mamifere din ordinul *Carnivora*

Tabelul 5 (continuare)

	1	2	3	4	5
Terțiar	Eocen	65	20	Clima caldă	Apar multe genuri de păsări actuale: *Milvus, Aquila, Haliaetus, Phoenicopterus, Numenius* etc.; apar familii actuale de mamifere: equide, elefanți etc.
	Oligocen	45	10	Clima caldă	Extinderea maximă a pădurilor; apar alte genuri actuale de păsări: *Pelecanus, Puffinus, Podiceps, Colymbus, Anas, Motacilla* etc.; dintre mamifere apare *Sorex, Crocidura, Talpa;* trăiesc strămoșii maimuțelor antropoide
	Miocen	35	15	Răcirea treptată a climei	Continuă diversificarea păsărilor (apar, de pildă, genurile *Otus, Ardea* etc.); extinderea și diversificarea mamiferelor (apar, de exemplu, genurile *Sus, Tapirus, Canis, Putorius, Lutra*); apar primele maimuțe antropoide
	Pliocen	20	19		Reducerea pădurilor și extinderea cîmpiilor; extinderea fanerogamelor, mai ales a monocotiledonatelor; păsări și mamifere foarte apropiate de cele actuale și chiar specii actuale (de exemplu, *Tragulus, Capreolus, Bos, Bison,* capra, girafa, *Camelus, Equus, Rhinocerus, Elephas, Ursus, Felis, Simia, Macacus, Papio* etc.); apar strămoșii direcți ai omului
Cuaternar	Pleistocen	1,025	1	Glaciațiuni repetate	Dispar multe specii de plante, multe mamifere mari; apare omul și societatea umană
	Holocen	25 000	25 000	Sfîrșitul glaciațiunilor; încălzirea climei	Extinderea plantelor ierboase; epoca omului

tură) relativ simplă, spre forme tot mai evoluate, cu o organizare tot mai complexă.

2. Fiecare perioadă geologică se caracterizează printr-un complex de forme vegetale și animale. Acest lucru arată că succesiunea menționată la punctul precedent nu este un proces care afectează fiecare grup în parte, ci reprezintă o *succesiune a complexelor floristice și faunistice* ale căror elemente componente evoluează corelat. În acest sens este bine stabilită, de pildă, evoluția conexată a plantelor cu flori și a insectelor. Deci, odată cu succesiunea formelor vieții, evoluează organizarea lumii vii, corelațiile biologice.

3. Urmărind ritmul apariției unităților taxonomice de diferite ranguri și durata existenței lor la diferite grupe sistematice, constatăm că viteza (ritmul) evoluției devine tot mai accelerată pe măsură ce ne apropiem de epoca actuală. Această afirmație poate fi ilustrată cu numeroase fapte, în afara celor cuprinse în tabel.

Viteza evoluției unui grup oarecare poate fi apreciată după numărul de noi unități diferențiate în cadrul grupului dat într-un interval anumit de timp. Din analiza făcută de B. Rensch (1954) asupra unui bogat material faptic, cu referire, de pildă, la clase de vertebrate și la ordinele diferențiate în cadrul lor, a rezultat că peștii — clasă foarte veche, apărută acum circa 400 milioane ani (devon) — a dat, în decursul evoluției ulterioare, 11 ordine; în clasa amfibieni, care apare tot în devonian, se diferențiază 7 ordine; în clasa reptilelor, care apare în carbonifer — deci are o vechime cam de 300 milioane ani — se diferențiază 17 ordine (împreună cu cele fosile); în clasa păsărilor — apărută în jurasic (aproximativ acum 150 milioane ani) — se diferențiază 24 ordine; în clasa mamiferelor apărută în triasicul superior — acum aproximativ 190 milioane ani — se diferențiază 23 ordine. Din aceste cifre se vede limpede că în clasele mai tinere (păsări, mamifere) într-o unitate de timp se produc mai multe diferențieri decît în clasele mai vechi; de remarcat, de asemenea, faptul că aceste clase sînt terestre, pe cînd cele primitive sînt acvatice.

Același lucru referitor la ritmul de diferențiere a genurilor în cadrul ordinelor. Se constată că în ordinele mai evoluate (superioare) acest ritm este mai rapid decît la cele mai puțin evoluate. De pildă, în timp ce grupul equidelor a apărut în eocen (acum aproximativ 60 milioane ani) și a dat în acest răstimp 8 genuri, cu un mare număr de specii (deci o durată medie de 7,5 milioane ani/gen), genul *Didelphys* (marsupial), apărut din jurasic, a evoluat mult mai lent.

2.2. DOVEZI EXPERIMENTALE ALE EVOLUȚIEI

Pînă acum cîteva decenii evoluția părea inabordabilă din punct de vedere experimental. Acest lucru a devenit posibil datorită progreselor fiziologiei, geneticii, biochimiei, metodelor de ameliorare și utilizării metodelor moderne fizice și chimice.

2.2.1. ÎNRUDIREA DINTRE SPECII

Demonstrarea experimentală a ei a devenit posibilă prin utilizarea metodelor care permit stabilirea gradului de asemănare (înrudire) a substanţelor proteice de la organisme aparţinînd unor taxoni diferiţi.

Metoda serologică. Rezultate semnificative se obţin cu ajutorul acestei metode, la baza căreia stă capacitatea organismului de a se apăra prin mijloace fiziologice şi biochimice împotriva microorganismelor patogene sau a diferitelor substanţe dăunătoare care, pe diferite căi (prin piele, odată cu alimentele, pe căi respiratorii, prin răni etc.), pot pătrunde în mediul intern al organismului.

Serologia, deci, studiază în esenţă reacţiile antigen-anticorp. Antigenii sînt, în cea mai mare parte, substanţe de natură proteică, dar şi alte substanţe, ca polizaharidele, pot avea aceleaşi funcţii. Anticorpii sînt de natură proteică.

La pătrunderea într-un organism a unui antigen, organismul răspunde prin producerea unui anticorp specific, care reacţionează cu proteina (sau alt antigen) introdusă şi o neutralizează. În medicină, această metodă stă la baza vaccinării. Pe plan biologic mai general, această metodă este utilizată pentru stabilirea gradului de înrudire dintre specii şi, deci, a legăturilor filogenetice. Începutul utilizării acestei metode a fost făcut de A b b o t încă la finele secolului trecut. C. M e z, şi H. Z i e g e n s p e k (1926) au construit, pe această bază, un arbore filogenetic al plantelor. În aceeaşi perioadă, A. B o y d e n şi colab, în S.U.A., au început aplicarea metodei serologice în sistematica animalelor.

Pentru formarea anticorpilor pot fi utilizate ca gazde diferite organisme, dar gazda cea mai larg utilizată este iepurele.

Reacţia anticorpului cu substanţa proteică (antigen), pentru care a fost elaborat este cea mai intensă. Deşi specific pentru această substanţă, anticorpul reacţionează şi cu alte proteine; reacţia este însă cu atît mai slabă, cu cît structura proteinei (antigenului) este mai îndepărtată, mai puţin înrudită, faţă de antigenul iniţial. Măsurînd printr-o metodă sau alta intensitatea reacţiei, în comparaţie cu cea iniţială, specifică, putem aprecia gradul de înrudire a organismelor sau grupelor de organisme de la care am prelevat substanţele proteice.

Cu alte cuvinte, anticorpul specific „apreciază“ gradul de înrudire a proteinelor de la diferite grupe de organisme, iar noi doar citim această „apreciere“ prin măsurarea intensităţii reacţiei.

În acest scop sînt folosite mai multe reacţii şi metode:

Reacţia de precipitare. Este cel mai larg folosită pentru evaluarea intensităţii reacţiei antigen-anticorp.

Pe această cale s-a putut demonstra, de pildă, că păsările, reprezentînd un grup foarte omogen, sînt mai apropiate de crocodili şi broaşte

Dacă unui iepure i se injectează ser sanguin de la un cîine, în corpul iepurelui se vor forma anticorpi specifici pentru neutralizarea antigenilor din proteinele cîinelui. Dacă după o perioadă de circa două săptămîni, cînd cantitatea de anticorpi este mai mare, se ia ser sanguin de la iepure și se amestecă cu ser de la cîine, se produce o intensă reacție de precipitare, datorită acțiunii anticorpilor. Dacă se amestecă ser de iepure conținînd anticorpi „anti-cîine" cu ser sanguin de la lup, se produce reacția de precipitare, dar mai puțin intensă decît în cazul serului sanguin de la cîine. Aceasta arată că proteinele de la lup sînt similare cu cele de la cîine, dar nu identice. Într-adevăr, lupul aparține aceleiași familii *(Canidae)*, aceluiași gen, este strămoșul cîinilor, dar aparține altei specii. Vulpea este tot un canid, dar mai depărtat înrudit cu cîinele. Astfel, amestecînd ser de iepure avînd anticorpi „anti-cîine" cu serul de vulpe, reacția de precipitare este mai slabă decît în cazul amestecului cu ser de lup. Cu serul altor carnivore înrudite mai îndepărtat, reacția de precipitare este și mai slabă. Dacă amestecul se face cu ser de la animale din alte ordine (rozătoare, ierbivore, maimuțe), reacția de precipitare nu mai are loc, înrudirea acestor grupe cu grupul cîinilor fiind prea îndepărtată.

Pe această cale s-a putut demonstra, de exemplu, că păsările, reprezentînd un grup foarte omogen, sînt mai apropiate de broaște țestoase decît de alte reptile; că focile sînt înrudite cu carnivorele terestre; că maimuțele antropoide sînt cele mai apropiate de om în comparație cu alte maimuțe, cei mai îndepărtați fiind lemurienii.

Prin urmare, metoda serologică, prin intensitatea reacției de precipitare, ne oferă un criteriu obiectiv de apreciere a gradului de înrudire dintre diferite grupe de organisme. Rezultatele de pînă acum confirmă și precizează cele obținute prin alte metode (morfologice, fiziologice, biogeografice etc.), iar în unele cazuri litigioase metoda serologică este decisivă.

Reacția anafilactică. Unei gazde sensibilizată prin injectarea unei doze de preparat antigenic se injectează o a doua doză, la care organismul răspunde fie prin inflamare, fie prin spasme. Măsurînd intensitatea acestor răspunsuri, putem aprecia gradul de înrudire a proteinelor antigenice (respectiv a grupelor de organisme de la care provin).

O tehnică relativ simplă permite măsurarea exactă a răspunsului: se extrage uterul de la o femelă virgină de cobai, sensibilizată în prealabil. Uterul, pus în soluție Ringer, este montat în kimograf. A doua doză de preparat antigenic nu este injectată ci pur și simplu aplicată direct pe uter, care răspunde prin contracție (spasm). Gradul de contracție al uterului este măsurat de kimograf.

Fixarea complementului. Complementul reprezintă o substanță termolabilă, nespecifică, din serul sanguin și din plasmă, substanță care, în combinație cu anticorpul, participă în mod esențial la interacțiunea antigen-anticorp, ducînd la distrugerea bacteriilor, a celulelor străine și a altor antigeni.

În prezența unui preparat antigenic nou (a cărui înrudire cu cel inițial trebuie măsurată) o parte a complementului rămîne neutilizată, formînd complementul rezidual care este măsurat prin comparație cu preparatul standard.

Aplicarea metodelor și tehnicilor serologice permite importante precizări în multe aspecte litigioase ale taxonomiei animale (unele din aceste rezultate au fost amintite mai înainte), ca și în domeniul taxonomiei plantelor. Menționăm aici cercetările serologice asupra sistematicii unor familii ca *Ranunculaceae, Magnoliaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae* etc.

În ultima vreme, în sistematică, sînt tot mai larg folosite diferite **metode fizice și chimice de analiză comparativă a proteinelor** (inclusiv a unor enzime) de la diferite grupe de organisme, la vederea stabilirii obiective și cît mai precise a gradului lor de înrudire.

După cum se știe, structura (mai ales primară) a unei proteine reflectă secvența perechilor de nucleotide ale ADN-ului, care controlează sinteza proteinelor. Proteinele reprezintă, deci, expresia fenotipică a genelor corespunzătoare. Acest fapt permite ca pe baza cunoașterii secvenței aminoacizilor din proteine să ne putem da seama de structura genelor respective (de pildă, secvența aminoacizilor din insulina de porc și de balenă arată că genele care o determină sînt identice la aceste animale). Studiul altor proteine ca ribonucleaza, citocromul-c, hemoglobina de la diferite grupe de animale arată o mare asemănare (deși nu identitate) a structurii lor primare. De aici se poate conchide că există, în întregul lanț filogenetic al animalelor, niște gene foarte vechi, constante, avînd cu siguranță originea comună, provenind prin duplicarea secvenței ADN-ului unui strămoș comun. Aceste gene sînt deci omoloage, în sensul noțiunii folosite în anatomia comparată. De asemenea, și proteinele controlate de aceste gene sînt considerate ca omoloage. Compararea secvențelor de aminoacizi din diferite proteine, de la diferite grupe de animale, (specii, genuri etc.), ne poate furniza informații prețioase asupra înrudirii dintre taxonii respectivi.

Metodele de **stabilire a secvenței aminoacizilor** și, deci, a omologiilor substanțelor proteice sînt foarte laborioase și costisitoare.

O metodă practică devenită aproape curentă datorită simplității ei, fără însă a avea precizia celei anterioare, este *metoda electroforetică* (vezi *Capit. 1*) de detectare a unor proteine cu însușiri asemănătoare, deci cu mari șanse de a fi omoloage.

Pe baza acestei metode s-au putut aduce precizări importante asupra poziției sistematice a diferiților taxoni, din cele mai diferite grupe de animale, și deci s-a putut preciza gradul de înrudire a lor cu alte unități. Din numeroase rezultate obținute de cercetători nu vom cita decît unele. C. Tesio (1973), pe baza metodelor electroforetice, cercetînd poziția sistematică a mai multor taxoni de moluște, arată, de pildă, că deși în

cadrul speciilor *Campylaea faustina, Alopia livida, Al. occidentalis* și *Limax maximus* populațiile prezintă unele diferențieri morfo-anatomice, separarea acestor populații în specii de sine stătătoare nu este justificată. În același timp, deși speciile *Limax zilchii* și *L. cinereoniger* prezintă convergență în anatomia aparatului sexual, datele biochimice pledează pentru menținerea lor ca specii separate. La fel se confirmă existența în Munții Bucegi a două specii dextre *Alopia livida* și *Al. lactea,* deși prezintă numeroase convergențe pe baza cărora multă vreme erau prezentate ca o singură specie.

Studiul electroforetic al proteinelor musculare și a esterazelor branhiale de la speciile *Sabanejevia aurata* și *S. romanica* a confirmat concluziile obținute prin metodele clasice, arătînd proveniența speciei *S. romanica* dintr-o subspecie de *S. aurata* (M. Dumitrescu, 1976) (studiu nepublicat).

Precizări taxonomice importante au fost obținute și la alte grupe pe baza metodelor biochimice, completînd sau corectînd rezultatele aplicării metodelor clasice. Astfel, pe baza datelor paleogeografice mai ales, două specii de rozătoare — un șobolan *Thryonomis swinderianus* din Africa de vest și *Myocastor coypus* din America de Sud — erau plasate în suprafamilia *Octodontoidea.* Dar studiul sărurilor biliare a arătat că la *Thryonomis* ele sînt cuplate numai cu taurina, pe cînd la *Myocastor,* ca și la cobai, sînt cuplate mai ales cu glicina. Acest rezultat pledează pentru apartenența celor două specii la două suprafamilii diferite (M. Florkin, 1964).

Rezultate importante au fost obținute prin studiul biochimic al unor celenterate. La 17 specii de *Gorgonacea* și *Pennatulacea* a fost cercetată compoziția chimică a unor scleroproteine, cunoscute sub denumirea de *gorgonine.* Cercetările au arătat că tirozina deși variază cantitativ de la o specie la alta (în alcătuirea gorgoninelor), variațiile nu depășesc anumite limite în cadrul genului, dar la o specie — *Rhipidigorgia elegans* — compoziția scleroproteinelor diferă sensibil de ale altor specii ale genului și se apropie mai mult de cele ale genului *Gorgonia.* Faptul a determinat un studiu morfologic mai minuțios, în urma căruia specia a fost trecută în genul *Gorgonia,* sub denumirea de *G. elegans* (M. Florkin, 1964).

2.2.2. TRANSFORMAREA EXPERIMENTALĂ A SPECIILOR

Aici trebuie amintite în primul rînd metodele folosite în practica selecției artificiale, a ameliorării plantelor și animalelor, metode ce permit într-un timp relativ scurt obținerea unor noi soiuri de plante sau rase de animale. Numeroase sînt **metodele de hibridare dirijată,** care au dus la rezultate de mare însemnătate practică. Printre acestea amintim aici despre metodele de *producere de hibrizi cu heterozis* la porumb,

sfeclă de zahăr, plante furajere, păsări domestice. Metoda începe să fie folosită pe scară tot mai largă pentru producerea unor forme mai productive de plante forestiere.

Semnificative, din punctul de vedere care ne interesează aici, sînt rezultatele ce se obțin prin *inducerea artificială de mutații* (prin metode fizice și chimice), urmată apoi de selecția mutantelor favorabile. Experiența arată că din 1 000 mutații provocate, 1 (în medie) este utilă. Iradiind un mare număr de semințe, sînt deci șanse suficiente pentru a obține mutații utile pentru diferite scopuri. Prin această metodă s-au obținut soiuri valoroase la multe plante de cultură (grîu, orz, ovăz, lupin, mazăre, muștar etc.). Pe aceeași cale se obțin linii valoroase la ciuperci producătoare de antibiotice.

În prezent, sînt utilizate în selecția artificială numeroase metode de producere a poliploidiei (plante). Soiurile poliploide sînt bine individualizate și posedă numeroase însușiri valoroase din punct de vedere economic (sfecla de zahăr, ridichi, pepene, trifoi etc.). Cercetarea speciilor de plante arată că poliploidia reprezintă una din modalitățile evoluției speciilor și în condiții naturale (v. *Capit. 3.4. — Tipurile de variații și rolul lor în evoluție).*

Trebuie menționat că toate metodele selecției artificiale (v. *Capit. 5.1. — Selecția artificială)* constituie, de fapt, metode de transformare a speciilor și, ca atare, reprezintă pe de o parte o demonstrare a procesului evoluției, iar pe de altă parte relevă unele mecanisme ale acestui proces.

O serie de fapte arată că prin încrucișări dirijate între specii mai mult sau mai puțin apropiate, cu structura genetică cunoscută în prealabil, s-a reușit producerea unor noi forme, deci veritabile sinteze de specii noi. Aceste rezultate permit, totodată, reconstituirea precisă a modului de apariție a unor specii naturale, cunoscute de mai multă vreme. Vom prezenta mai jos unele din aceste fapte.

1. *Primula kewensis.* Specia provine din hibridarea a două alte specii: *Primula floribunda* și *P. verticillata.* Prima din speciile parentale este originară din Afganistan și masivul Himalaia și a fost fecundată cu polenul celei de a doua specii răspîndită în sud-estul Pen. Arabice și Etiopia. Hibridul obținut avea numeroase caractere de la ambele forme parentale. Atît hibridul, cît și formele parentale, au $2n=18$ cr. Polenul hibridului era însă mic și parțial steril, iar ovarele complet sterile. Plantele au fost înmulțite pe cale vegetativă. În cîteva sere, în mod independent, la hibrid a apărut o mutație mugurală, care a dat ramuri tetraploide și pe acestea s-au produs semințe normale. Noua plantă a fost denumită *P. kewensis,* în cinstea grădinii botanice din Kew (Anglia); se înmulțește prin semințe, este viguroasă, fertilă.

2. *Crepis artificialis* a fost obținut prin hibridarea speciilor *C. biennis* ($n=20$) și *C. setosa* ($n=4$). Hibridul ($2n=24$) este viguros, seamănă morfologic cu *C. biennis* dar este anual. Prin autofecundare a dat mai

multe semințe. Din una din ele s-a obținut o plantă fertilă care a dat o formă stabilă cu frunze de tip *setosa* și fructe (achene) de tip *biennis*. A fost denumită *C. artificialis*.

3. *Raphanobrassica karpetchenkoi* este un hibrid amfidiploid (n=18) obținut din încrucișarea lui *Raphanus sativus* (n=9) (ridichea) și *Brassica oleracea* (n=9) (varza). Este fertil, nu se încrucișează cu formele parentale și are o serie de caractere intermediare între formele parentale (fig. 31).

4. *Brassica napus* (n=19) obținută prin încrucișarea speciei *B. campestris* (n=10) cu *B. oleracea* (n=9). Este o formă de rapiță produsă artificial; semințele au un conținut mai bogat în ulei.

În unele cazuri s-a reușit pe cale experimentală producerea de specii de multă vreme cunoscute în natură, relevînd astfel modul de apariție a acestora din urmă. Vom ilustra aceasta printr-un exemplu:

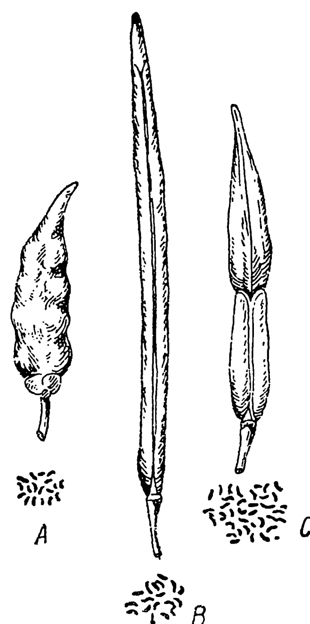


Fig. 31. *Raphanobrassica* și genitorii ei: *A* — fruct de ridiche; *B* — fruct de varză; *C* — fruct de Raphanobrassica (amfidiploid).

5. *Galeopsis tetrahit* este un labiat comun, ruderal, larg răspîndit în Eurasia, inclusiv în țara noastră. Specia a fost „reconstituită" experimental prin încrucișarea lui *G. pubescens* (n=8) și *G. speciosa* (n=8). Hibridul amfidiploid (n=16) este întrutotul asemănător cu specia naturală, dovedind originea ei hibridă.

Pe baza acestor fapte și a altora asemănătoare s-a putut lămuri originea unor specii naturale. Menționăm două cazuri:

6. *Aesculus carnea* (n=40) este un castan cultivat în parcuri. El provine din hibridarea naturală a două specii: *Aesculus hippocastanum* și *Pavia* (sau *Aesculus*) *rubra*. Prima din aceste specii este originară din sud-estul Europei și Asia Centrală. Este un arbore înalt (pînă la 30 m), cu flori albe. A doua specie, originară din America de Nord, are flori roșii, iar talia nu trece de 8 m. Ambele specii au n=20 și, probabil, sînt tetraploizi. Hibridul *Aesculus carnea*, avînd talia pînă la 20 m, flori roșii, frunze ca la *A. hippocastanum*, fructe cu caractere intermediare, este stabil, fertil, octoploid. A apărut în mod independent în mai multe locuri.

7. *Spartina townsendi*, graminee, a apărut spontan în jurul anului 1870 pe coasta de sud a Angliei și s-a răspîndit larg pe nisipuri maritime, eliminînd alte specii ale genului, inclusiv formele parentale. Provine din hibridarea naturală a două specii: *S. maritima* (n=28), autohtonă (este tetraploidă, numărul bazal de la graminee fiind n=7) și *S. alterni-*

folia ($n=35$), specie pentaploidă, originară din America. *S. townsendi* este un amfidiploid ($n=63$) stabil.

Toate cazurile menţionate, după cum se vede, se referă la regnul vegetal, în care, într-adevăr, hibridarea joacă un rol important în procesul de speciaţie (vezi *Capit. 7.3.*). La animale se cunosc foarte puţine exemple de acest fel. Unul din acestea, privind fluturele de mătase, este descris în capitolul următor (în cadrul poliploidiei). El arată, în principiu, că apariţia amfidiploizilor este posibilă şi în regnul animal.

PARTEA A DOUA

FACTORII EVOLUŢIEI

CAPITOLUL 3

VARIABILITATEA INDIVIDUALĂ

Generalităţi. Variaţiile individuale (variabilitatea individuală) reprezintă materialul elementar din care „se construieşte" procesul evoluţiei. De aceea, studiul modului de desfăşurare, al mecanismului şi căilor evoluţiei trebuie în mod necesar precedate de studiul variabilităţii.

Variabilitatea este un fenomen de nivel individual. De aceea este în esenţă de natură biochimică şi fiziologică, cu efecte asupra însuşirilor multilaterale ale organismului ca întreg — asupra dezvoltării şi activităţii acestuia. Afectînd mase de indivizi — populaţii — ea capătă caracter populaţional.

Selecţia naturală este factorul care transformă fenomenul individual al variaţiilor, în procesul istoric al evoluţiei, al transformării populaţiilor şi speciilor. De aceea, în mod necesar, studiul variabilităţii trebuie abordat printr-o dublă perspectivă a semnificaţiei lui: variabilitatea ca *fenomen individual* şi variabilitatea ca *fenomen populaţional.*

În acest capitol ne vom referi doar la primul aspect, cel de al doilea fiind tratat la studiul populaţiilor.

Variaţiile, fiind răspunsuri ale organismelor individuale la informaţiile (stimuli) primite din mediu (intern sau extern), spre a deveni fenomen populaţional trebuie în mod necesar să se poată transmite în descendenţă, deci să devină ereditare. Aceasta presupune existenţa unor mecanisme (sisteme) genetice care să permită înregistrarea informaţiei, transmiterea ei în cadrul sistemelor din mediul intern (de la sisteme moleculare înregistratoare către cele efectoare, de la genotipi la fenotipi), corelarea acestor procese cu stimulii primiţi (controlul activităţii sistemelor genetice).

În mod necesar deci, cunoaşterea variabilităţii ca fenomen individual presupune studiul bazei materiale a eredităţii, a transmiterii informaţiei genetice a genotipului către fenotip precum şi a mecanismelor de control al activităţii sistemelor genetice.

3.1. MECANISMELE MOLECULARE ALE VARIABILITĂȚII

Unitatea genetică fundamentală purtătoare a informației genetice este reprezentată prin *genă.* Ea poate fi definită ca o *porțiune de ADN care induce sinteza unui lanț polipeptidic.*

• *Din punct de vedere citologic,* o genă reprezintă o mică porțiune dintr-un cromozom. Ea are o anumită funcție biochimică prin care influențează (indirect) una sau mai multe însușiri ale organismului.

Genele sînt așezate liniar în lungul cromozomului, fiecare genă ocupînd o anumită poziție precisă *(locus).* Se înțelege că pe cromozomi omologi genele omoloage ocupă exact același locus. Dacă cele două gene omoloage sînt identice, organismul este *homozigot* pentru gena (caracterul) respectiv. Dar cele două gene pot să nu fie identice. Fiecare din ele poate determina o altă expresie a aceluiași caracter (de pildă, a culorii). În acest caz ele poartă numele de *gene alele,* iar organismul este *heterozigot* pentru gena dată. Fiecare cromozom conține numai una din alele. Dar un organism poate avea doi sau mai mulți cromozomi omologi, fiecare avînd locusul dat și o alelă proprie. Dacă numărul alelelor este mai mare de două, fenomenul poartă numele de *polialelism.* În prezent, cînd se știe că factorii ereditari nu sînt localizați sub forma de gene individualizate numai în cromozomi, ci există și ereditatea extracromozomală și extranucleară, prin *genotip* trebuie să se înțeleagă *toți componenții celulei care posedă însușirea de transmitere a informației genetice.*

Genelor li se atribuie trei funcții biologice esențiale: *funcția de mutație* — constînd în faptul că modificarea unei gene duce la apariția de mutații; *funcția de recombinare* — constînd în regruparea genelor între cromozomi omologi, proces care are loc în cursul meiozei; *funcție fiziologică* — constînd în procesul biochimic și fiziologic complex prin care gena își exercită influența asupra caracterelor fenotipului.

Cercetări efectuate pe o serie de organisme (bacteriofagi, *Aspergillus, Drosophila* etc.) au arătat că cele trei funcții nu se suprapun din punct de vedere structural, adică ele sînt determinate de structuri diferite, de porțiuni ale genei deosebite din punct de vedere al structurii lor.

Pentru precizarea acestor structuri s-au introdus și noțiuni corespunzătoare — *muton, recon* și *cistron* — a căror semnificație va fi arătată mai jos.

• *Din punct de vedere biochimic,* o genă reprezintă o porțiune discontinuă de ADN, cuprinzînd un mare număr de perechi de nucleotide (sute sau chiar multe mii).

Un m u t o n reprezintă segmentul cel mai mic al genei care, prin modificarea structurii sale, determină apariția unei mutații. Cercetările pe bacteriofagi și pe alte organisme arată că în alcătuirea unui muton pot intra una sau cîteva perechi de nucleotide. De aici se vede că o mutație nu implică modificarea unei gene întregi și că diferite segmente ale genei pot produce mutații independente între ele. Totodată s-a putut arăta că pe lîngă procesul *recombinării genice,* prin care gene întregi pot trece de pe un cromozom pe altul sau își pot schimba poziția pe același cromozom, există și o *recombinare intragenică.* În acest proces sînt implicate segmente dintr-o singură genă.

Un r e c o n reprezintă tocmai un asemenea segment intragenic, capabil de recombinare. Un recon poate cuprinde unul sau mai mulți mutoni.

Unitatea funcțională a genei este c i s t r o n u l, care cuprinde un număr de reconi ce trebuie să rămînă legați între ei pentru ca să-și poată exercita funcția lor fiziologică. Numărul de reconi și mutoni ce intră în alcătuirea cistronului este specific. O genă poate cuprinde unul sau cîțiva cistroni, care sînt unul în prelungirea altuia pe cromozom.

Prin urmare, gena, care în concepția geneticii clasice era considerată indivizibilă, apare în prezent ca o unitate complexă, divizibilă, cu subunități avînd structuri și roluri diferite, dar care ca unitate, ca întreg, îndeplinește cele trei funcțiuni esențiale amintite (mutația, recombinația, funcția fiziologică).

Cele spuse anterior privind structura moleculară a genei implică ideea că acizii nucleici, și în primul rînd ADN, reprezintă substanțe care în structura lor dețin înscrisă informația genetică și sînt capabile să o transmită celulei sau organismului întreg.

3.1.1. DOVEZI ALE ROLULUI ACIZILOR NUCLEICI ÎN EREDITATE

Mai multe categorii de fapte stabilite experimental demonstrează rolul important pe care-l joacă acizii nucleici în determinarea și transmiterea caracterelor ereditate.

Transformarea bacteriilor. Experiențe efectuate atît „in vitro“ cît și „in vivo“, pe diferite tulpini de pneumococi arată că sub influența ADN-ului unei tulpini se transformă genotipul altei tulpini, dobîndind însușiri ale tulpinii donatoare. Astfel, însămînțînd pneumococi din tulpina *R* (necapsulați și nevirulenți) pe un mediu conținînd celule din tulpina *S* (capsulați și virulenți) omorîte în prealabil, s-a constatat apariția în cultură a pneumococilor *S* vii, prin transformarea celulelor din tulpina *R* în celule din tulpina *S*. Transformarea se datorează încorporării ADN-ului din celule *S* de către celulele *R*. Acest lucru a fost dovedit prin culturi ale pneumococilor *R* pe medii conținînd doar ADN purificat, provenit din tulpina *S*.

Același lucru a fost demonstrat și „in vivo“. Șoareci infectați cu pneumococi *S* (virulenți) se îmbolnăvesc și mor. Infestarea cu tulpina *R* nu are acest efect. Dacă infestarea se produce cu un amestec de tulpină *R* vie și bacterii *S* omorîte, efectul este îmbolnăvirea și moartea animalului. În corpul acestor animale se pot identifica pneumococi *S* vii, deci și aici s-a produs transformarea $R \to S$ (fig. 32).

Același fenomen al transformării a fost demonstrat pe *Hemophilus influenzae* și apoi pe alte specii de bacterii. Fenomenul este mai obișnuit la tulpini ale unei aceleiași specii de bacterii, dar se poate produce și transformarea unei specii în alta.

Procesul transformării bacteriene pe calea descrisă, în afară de faptul că demonstrează rolul ADN în fenomenele eredității, are o semnificație biologică mai profundă; pe această cale devine posibilă o adaptare rapidă a bacteriilor la anumiți factori ai mediului. De pildă, dacă printr-o mutație unele celule bacteriene dobîndesc rezistență la un factor oarecare (un antibiotic, de exemplu), această însușire se poate transmite

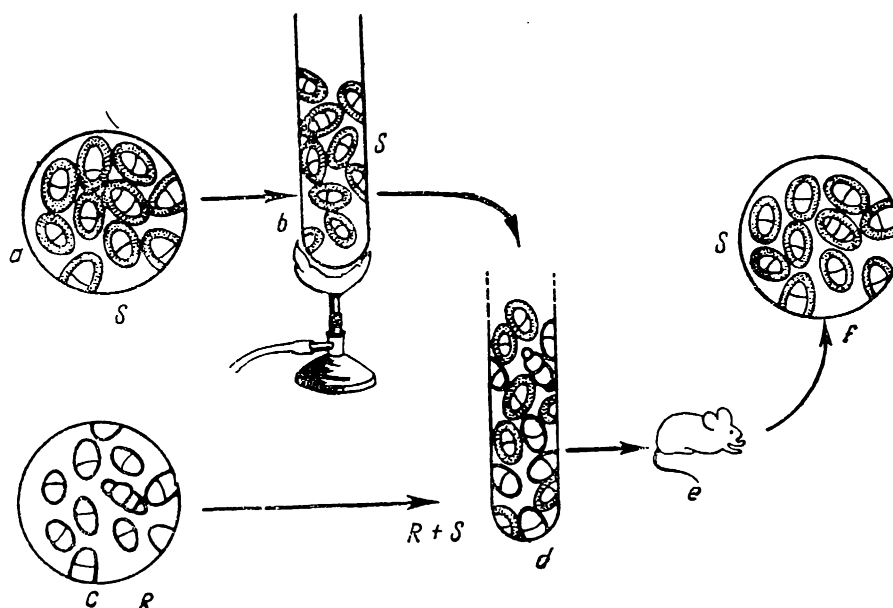


Fig. 32. Transformarea bacteriană:

a – pneumococ S (capsulat, virulent) este omorit prin încălzire (*b*), amestecat (*d*) cu pneumococul R (*c*) (necapsulat, nevirulent); *e* – amestecul injectat în șoarece îl omoară și din el se izolează tulpina S (*f*) vie, provenită din transformarea lui R, sub influența ADN din S.

repede, prin fenomenul transformării (datorită încorporării de ADN provenit de la formele rezistente), unui mare număr de bacterii din populație, bacterii care mai înainte erau sensibile la factorul respectiv.

Se pare că acest fenomen, al transformării bacteriene, dată fiind importanța lui adaptativă și evolutivă, este destul de răspîndit în natură.

Transducția și lizogenia. Ambele fenomene se referă la relațiile dintre bacteriofagi (virusuri) și bacterii. Transducția constă în *transferul* unei porțiuni din cromozomul (ADN) bacterian de la o celulă bacteriană la alta (din aceeași tulpină sau din tulpini diferite) prin intermediul bacteriofagului. Celula infestată poate căpăta noi însușiri ereditare.

Se știe că atacînd o bacterie, în corpul acesteia pătrunde ADN fagic (97%) și puțină proteină fagică (3%). ADN fagic determină modificarea metabolismului bacteriei în sensul sintezei ADN și a proteinei specifice fagului. Noii fagi formați prin lizarea bacteriei pot cuprinde în ei porțiuni din cromozomul (ADN) bacterian. Infestînd apoi alte bacterii în anumite condiții, unele din acestea din urmă pot să nu fie lizate (starea lizogenă) și încorporează în ele porțiunile de ADN din tulpina inițială infestată. În acest fel se modifică genotipul lor, ele dobîndind unele însușiri ale bacteriei donatoare de ADN.

Lizogenia constă în faptul că uneori fagul pătrunzînd în bacterie nu determină liza acesteia. ADN-ul acestui fag se încorporează în cromozomul bacterian și se divide odată cu acesta. Asemenea bacterii, conținînd în cromozomul lor ADN fagic, se numesc *lizogene*. Ele dobîndesc unele însușiri noi ca, de pildă, imunitate față de tipul respectiv al fagu-

lui sau față de fagi înrudiți cu acesta. Unele schimbări de condiții pot determina trecerea bacteriei lizogene din faza lizogenă în cea litică: fagul devine activ, modifică metabolismul bacterian, bacteria este lizată, iar fagii se înmulțesc putînd infesta alte bacterii.

Cantitatea de ADN din cromozomi. Este caracteristică pentru diferite specii și variază în limite mult mai strînse decît cantitatea de ARN sau de proteine. Pe lîngă aceasta, în celulele haploide cantitatea de ADN este pe jumătate față de aceea din cromozomii celulelor diploide a aceleiași specii.

Acțiunea unor factori mutageni. Pledează în favoarea aceleiași idei. Astfel razele ultraviolete, cu λ=2 600 Å, au o acțiune mutagenă puternică și, totodată, sînt cel mai intens absorbite de ADN (fig. 33). Prin urmare, spectrul de absorbție al ADN coincide cu frecvența maximă a mutațiilor provocate de aceste radiații.

„Ingineria genetică", domeniu aplicativ care se dezvoltă în ultima vreme, a demonstrat că este posibilă „decuparea", cu ajutorul unor enzime, a unei porțiuni din ADN-ul unor organisme și implantarea ei în ADN-ul altor organisme, aparținînd unor alte specii. Prin această operație organismul receptor dobîndește însușiri noi, determinate de gena sau genele transplantate. Este o dovadă experimentală directă a rolului ADN în ereditate.

ARN. În unele cazuri s-a dovedit capabil de transmitere a caracterelor ereditare. Astfel, s-a reușit la virusul mozaicului tutunului, prin metode chimice, să se înlocuiască ARN al unei tulpini cu ARN provenind de la o altă tulpină. Acești viruși „hibrizi" sînt capabili să producă infecții ale plantelor de tutun, iar caracterul bolii este specific tulpinii de la care provine ARN. Totodată, s-a reușit infestarea doar cu ARN a virusurilor.

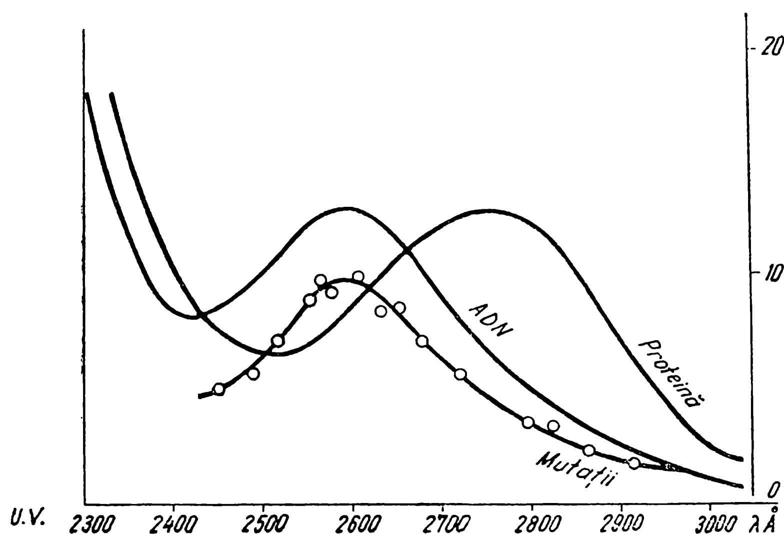


Fig. 33. Corespondența dintre absorbția razelor U.V. de către ADN și frecvența mutațiilor (după C. Petit și S. Prévost, 1967).

3.2. TRANSMITEREA INFORMAȚIEI DE LA GENOTIP LA FENOTIP ȘI TRANSFORMAREA EI ÎN CURSUL ACESTUI PROCES

Transmiterea informației genetice înregistrată în structura genotipului către fenotip, cu alte cuvinte realizarea ei în fenotip, este un proces esențial atît pentru existența individului, cît și a populației și a biocenozei. Într-adevăr, fenotipul este acela care desfășoară o anumită activitate în cadrul populației. Pe această cale biocenoza este „informată" asupra stării populației și exercită controlul asupra ei.

Problema realizării în fenotip a informației genetice este complexă și încă nu poate fi considerată ca rezolvată decît în liniile ei mari, principiale.

Procesul constă în dezvoltarea trăsăturilor fenotipice în cursul ontogeniei sub influența genotipului, în anumite condiții concrete ale mediului. Dezvoltarea individuală este rezultatul desfășurării unor complexe procese metabolice care determină caracterul structurilor organismului și modul lor de funcționare. După cum se știe, procesele metabolice sînt toate de natură enzimatică, iar enzimele sînt de natură proteică. Rolul substanțelor proteice nu se limitează însă numai la funcția enzimatică a multora dintre ele. Numeroase alte substanțe proteice au rol structural, determinînd forma și însușirile diferitelor celule, mai ales a membranelor acestora.

Apare limpede că factorii care vor controla sinteza substanțelor proteice în organism vor orienta (controla) prin ele desfășurarea metabolismului și edificarea structurilor organice, determinînd în final limitele activității individului.

3.2.1. SINTEZA SUBSTANȚELOR PROTEICE

După datele actuale, rolul hotărîtor în acest proces îl are ADN. În finalul procesului informația genetică înscrisă în structura ADN este transmisă moleculelor proteice și înregistrată în structura acestora.

Procesul se desfășoară în mai multe etape.[1] El începe prin despărțirea (replicarea) celor două lanțuri ale moleculei de ADN. Unul din ele resintetizează jumătatea lipsă, iar celălalt servește drept matriță pentru sinteza ARN. Bazele nucleotidelor ARN se leagă în mod complementar de nucleotidele lanțului de ADN (*A* și *G* din ARN se leagă respectiv de *T* și *C* din ADN, *U* și *C* din ARN, respectiv cu *A* și *G* din ADN). În felul acesta informația de pe ADN este „copiată" exact de molecula ARN. Procesul poartă numele de *transcriere* și se realizează prin acțiunea enzimei ARN-polimerază. ARN, purtînd în structura lui informația genetică a ADN-ului, poartă numele de *ARN mesager* (ARN*m*), întrucît după sinteza lui, el părăsește nucleul și se fixează pe ribozomi, în citoplasmă. Ribozomii sînt alcătuiți cam 50% din *ARN ribozomal* (ARN*r*) și 50% din substanțe proteice. Rolul precis al ribozomilor și al ARN ribozomal încă nu este pe deplin lămurit.

[1] Descrierea amănunțită a acestui proces poate fi studiată în toate tratatele de genetică și biologie moleculară.

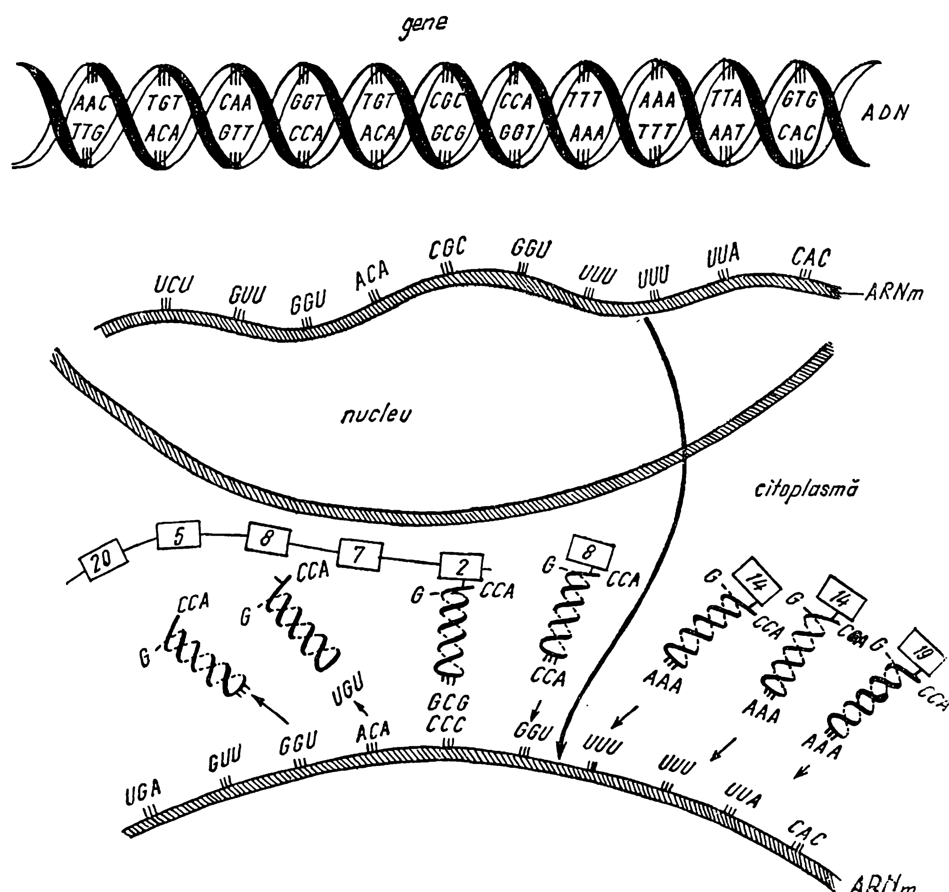


Fig. 34. Schema sintezei substanțelor proteice în celulă.

ARN*m* ajuns pe ribozomi servește drept matriță pentru sinteza substanțelor proteice, determinînd succesiunea aminoacizilor în lanțul polipeptidic, deci structura primară a proteinelor. Cu alte cuvinte, aici are loc „traducerea" informației genetice codificată în ARN*m* sub forma ordinei bazelor azotoase, în „limbajul" aminoacizilor, adică în succesiunea lor (fig. 34). Argumente de ordin teoretic și cercetări experimentale asupra cărora nu putem insista aici au dus la concluzia că poziția fiecărui aminoacid este determinată de către un grup de trei baze azotoase (un *triplet*). Este *codul genetic* prin care informația genetică cuprinsă inițial în succesiunea bazelor din ADN este în final transmisă moleculelor proteice. În momentul de față codul genetic este „descifrat" în întregime, adică se cunosc tripletele caracteristice pentru toți cei 20 aminoacizi întîlniți în organisme. Iată cîteva exemple: alanina — UCG, fenilalanina — UUU, valina — UUG, metionina — UAG, asparagina — UAA etc.

Pentru ca ARN*m* ajuns pe ribozomi să determine sinteza substanțelor proteice, aici trebuie să ajungă aminoacizii aflați în citoplasmă.

Rolul de transportor al aminoacizilor către ribozomi îl îndeplinește un al treilea fel de ARN, cu molecula mică (greutatea moleculară 25 000—30 000), și anume *ARN de transport* (ARN*t*) denumit și *ARN solubil* (ARN*s*).

Fiecare aminoacid poate fi transportat către ribozomi de către un ARN*s* specific. Spre a fi fixat pe molecula transportoare, aminoacidul este în prealabil activat, ceea ce se face prin intermediul unui ferment specific pentru aminoacidul dat și a ATP-ului ca sursă de energie. Fixarea pe ARN*s* este, de asemenea, o reacție fermentativă specifică.

Structura moleculelor de ARN*s* este și ea caracteristică și importantă pentru înțelegerea procesului de sinteză a lanțului polipeptidic. Lanțul ARN*s* este îndoit și răsucit în spirală, astfel încît la un capăt al spiralei se formează o buclă iar la celălalt capetele lanțului sînt libere. Unul din capete se termină cu *G*, iar celălalt capăt cu succesiunea *CCA*. Aminoacidul se leagă în apropierea adeninei. Pe bucla de la capătul spiralei se află un triplet de baze.

Molecula de ARN*s* se fixează de ARN*m* în mod complementar, prin tripletul de pe buclă. Astfel dacă pe buclă este tripletul *AAU*, el se va fixa pe ARN*m* de tripletul *UUA*. Dacă pe bucla ARN*s* se află tripletul *AAA*, el se va fixa pe ARN*m* de tripletul *UUU* etc. Moleculele ARN*s* fixîndu-se de ARN*m*, aminoacizii aflați la capetele lor se leagă între ei (prin legături peptidice — v. *Capit 1.1*) și se desprind de ARN*s*, ambele procese producîndu-se sub acțiunea fermentului polipeptidpolimeraza.

Lanțul polipeptidic nu se formează dintr-o dată ci succesiv, prin legarea succesivă a aminoacizilor, unul cîte unul, la un capăt al lanțului. Totodată, pe măsura formării lanțului, moleculele de ARN*s* se eliberează, reintrînd în citoplasmă și putînd din nou funcționa ca transportori de aminoacizi. Gena inductoare a sintezei determină lungimea lanțului polipeptidic, secvența aminoacizilor și sfîrșitul (capătul) lanțului.

După cum se poate vedea, rezultatul final al acestui proces este „înregistrarea", în structura primară a proteinei sintetizate, a succesiunii bazelor din ADN și, deci, a informației genetice codificate în succesiunea aminoacizilor.

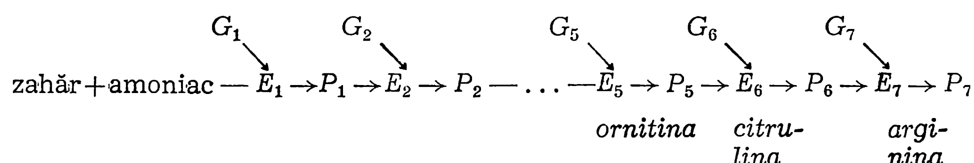
Rămîne insuficient elucidată problema dacă structura primară a lanțului polipeptidic determină toate însușirile substanțelor proteice (enzimatice și structurale). (Importanța și semnificația acestei probleme au fost discutate în *Capit. 1*).

Genele, în felul descris mai sus, determinînd sinteza substanțelor proteice, deci și a enzimelor, orientează desfășurarea proceselor metabolice, deci și a proceselor de sinteză a diferitelor substanțe ce participă la funcționarea și edificarea organismului.

3.2.2. LEGĂTURA DINTRE GENE ȘI CARACTERE. CĂI METABOLICE

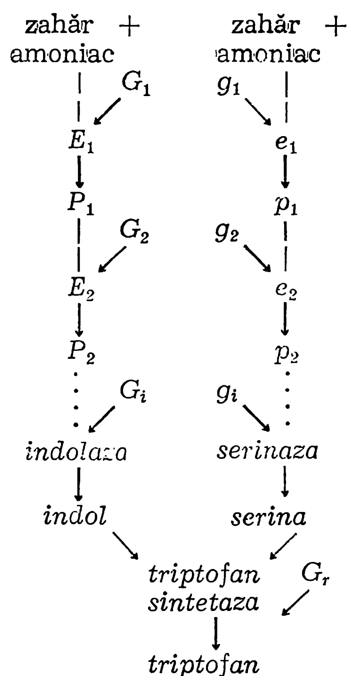
De obicei, sinteza unei substanțe necesară în metabolism nu este rezultatul unei singure reacții enzimatice, ci a unui lanț de reacții fermentative succesive, în care produsul unei trepte reprezintă substratul pentru treapta următoare.

Vom ilustra cele spuse prin două exemple rezultate din studierea ciupercii *Neurospora*. Această ciupercă este remarcabilă prin sistemul său enzimatic bogat. Datorită acestuia, ea poate fi cultivată pe medii foarte sărace, conţinînd doar cîteva săruri simple, zahăr, amoniu şi biotin (una din vitaminele B) pe care nu-l poate sintetiza. Pornind de la aceste substanţe, ea poate sintetiza toţi aminoacizii și vitaminele de care are nevoie. Fiecare aminoacid sau vitamină este rezultatul unui lanţ metabolic. De exemplu, aminoacidul arginina este sintetizat în şapte etape. Schematic, le putem reprezenta în felul următor:



În această schemă: $G_{1 \ldots 7}$ reprezintă genele ce intră succesiv în acţiune; $E_{1 \ldots 7}$ — enzimele produse de genele respective; $P_{1 \ldots 7}$ — produsele intermediare şi produsul final.

Un al doilea exemplu se referă la sinteza triptofanului, efectuată de acelaşi organism. Această din urmă sinteză, reprezentată schematic mai jos, implică corelarea a două căi metabolice diferite, care sînt necesare spre a realiza triptofanul:



Cercetări efectuate pe diferite animale (rozătoare, insecte) au dus la aceleaşi concluzii privind acţiunea fiziologică a genelor. De pildă, studiul determinismului culorii ochilor la *Drosophila* a arătat că şi în

acest caz, ca și la *Neurospora*, procesul sintezei produsului final de care depinde culoarea ochilor se desfășoară în mai multe etape, fiecare fiind controlată de o anumită genă.

Existența și desfășurarea acestor căi metabolice ridică mai multe probleme importante. În primul rînd este *problema controlului desfășurării proceselor metabolice*. Un produs final oarecare al unei căi metabolice, de pildă un aminoacid, intră apoi în alcătuirea unei substanțe mai complexe — un lanț polipeptidic. Dar, în alcătuirea lui, diferiții aminoacizi intră de obicei în proporții inegale. Aceasta arată că sintezele lor trebuie să se desfășoare cu viteze diferite, ei să fie produși în cantități corespunzătoare necesităților, altfel s-ar produce o risipă dăunătoare de material și energie. Aceeași necesitate apare chiar în sinteza unui produs final rezultat al mai multor căi metabolice, ca în cazul triptofanului, la *Neurospora*.

Faptele arată că la toate organismele cercetate procesele metabolice se realizează cu economie maximă de material și energie. Aceasta arată necesitatea și existența reală a unor mecanisme foarte fine de control și coordonare a activității genice, a desfășurării proceselor metabolice. După cum vom vedea mai departe, unele din aceste mecanisme se cunosc în prezent.

O altă problemă este aceea a *stabilității căilor metabolice determinate genetic*, a factorilor care le pot modifica și a limitelor între care ele se pot modifica.

Căile metabolice reprezintă mijlocul de realizare în fenotip a informației genetice a genotipului. Ele determină, în ultimă instanță, funcționarea fenotipului și dezvoltarea structurilor sale. Dar activitatea fenotipului se desfășoară în condițiile mediului ambiant care, în mod normal, sînt schimbătoare. Deci, de la început, se poate presupune că o stabilitate prea mare a căilor metabolice ar însemna rigiditatea organismului și imposibilitatea lui de a face față schimbărilor survenite în condițiile lui de viață. Din contră, o anumită plasticitate ar fi mult mai avantajoasă.

Cercetările efectuate pe animale și pe plante au arătat că, într-adevăr, procesele metabolice nu sînt absolut fixe și că ele se pot modifica între anumite limite, atît sub influența factorilor interni cît și a celor externi.

Printre factorii interni, mutațiile sînt acelea care modifică adesea căile metabolice prin blocarea sau modificarea diferitelor verigi ale lanțului metabolic respectiv.

Să analizăm două exemple de acest fel. În schema de la pag. 143 este reprezentată calea metabolică care duce la sinteza argininei la *Neurospora*. Se cunosc mutante ale acestei ciuperci la care această cale este blocată în diferite puncte. De pildă, la una din mutante lipsește fermentul care produce ornitina, deși există fermenți care o pot transforma în citrulină și pe aceasta în arginină. Ciuperca poate trăi dacă în mediu se adaugă fie ornitina, fie citrulina, fie arginina. La o altă mutantă calea metabolică este blocată între ornitină și citrulină, deci ornitina nu poate fi transformată în citrulină. Această mutantă poate trăi normal dacă în mediu se adaugă fie citrulină, fie arginină. În sfîrșit, o a treia mutantă nu poate transforma citrulina în arginină. Ea poate trăi dacă în mediu

se adaugă doar arginină. Asemenea fenomene se cunosc şi în cazul cisteinei şi al triptofanului la aceeaşi ciupercă.

Dacă în aceste cazuri mutantele reprezintă deficienţe care adesea sînt incompatibile cu viaţa organismului (dacă în mediu lipsesc produşii respectivi), în alte cazuri mutaţiile pot produce modificări ale căilor metabolice compatibile cu existenţa normală a organismului, dar într-o stare (funcţional sau şi morfologic) modificată.

Asemenea cazuri se cunosc, de pildă, la *Drosophila*. La această insectă calea metabolică ce determină coloritul ochilor poate fi întreruptă în mai multe puncte. Calea metabolică amintită cuprinde cîteva trepte, prin care triptofanul este transformat succesiv în kinurenină, aceasta în 3-oxikinurenină, iar aceasta din urmă în pigmentul ce determină culoarea roşie a ochilor de tip sălbatic. Fiecare transformare este controlată de cîte o genă. La mutanta *v (vermilion)*, avînd ochii de culoare roşu-aprins, este blocată transformarea triptofanului în kinurenină, de aceea tot restul lanţului este întrerupt, însă insectele pot trăi avînd modificată culoarea ochilor (poate şi alte caractere de natură fiziologică şi biochimică). Dacă schiţa oculară de tip vermilion primeşte kinurenina (de pildă, prin transplantarea schiţei la o insectă de tip sălbatic), ea se dezvoltă normal dînd ochi de culoarea tipului sălbatic. La mutanta *cn (cinnabar)*, avînd ochi de culoare roşie-cinabru, este blocată treapta următoare a lanţului — aceea a transformării kinureninei în 3-oxikinurenină şi, în acest caz, insectele pot trăi normal avînd acest caracter modificat. Dacă schiţa oculară de tip *cn* se dezvoltă într-un mediu conţinînd 3-oxikinurenină (de pildă, prin transplantare la insecte de tip sălbatic), ochiul capătă culoarea tipului sălbatic.

Prin urmare, din aceste fapte se poate deduce că mutaţiile pot modifica desfăşurarea căilor metabolice şi, deci, realizarea fenotipică a caracterelor.

Dacă mutaţiile determină schimbarea căilor metabolice modificînd însăşi *structura* genelor, alţi factori ai mediului intern pot modifica *activitatea* şi modul de manifestare al genelor.

Trebuie subliniat că noţiunea de mediu în care acţionează genele este complexă. Astfel, în această sferă intră în primul rînd *celelalte gene*, cu care gena dată este în anumite corelaţii; tot aici intră *interacţiunea genelor cu citoplasma*, apoi cu *factori hormonali şi neurali*. În sfîrşit, chiar factorii *mediului extern* exercită influenţă asupra activităţii genelor.

Interacţiunea dintre gene. Acest fenomen, de o mare importanţă evolutivă, rezultă în primul rînd din faptul, arătat în paragraful precedent, că o genă, prin căile metabolice, poate participa la dezvoltarea, deci la controlul mai multor produşi intermediari şi, deci, a mai multor caractere fenotipice. Acest efect poartă numele de *pleiotropism*. Totodată, după cum se vede din schema alăturată, dezvoltarea unui caracter este controlată nu de o singură genă ci de mai multe gene, fenomen denumit *poligenism* (fig. 35).

Deoarece selecţia acţionează asupra caracterelor fenotipice, şi prin ele controlează genotipul, înseamnă că afectînd o trăsătură fenotipică oarecare *selecţia va afecta mai multe gene*, pe fiecare în mod diferit, modificînd frecvenţa lor în populaţie (v. *Capit.* 5). Dar, implicit, se vor

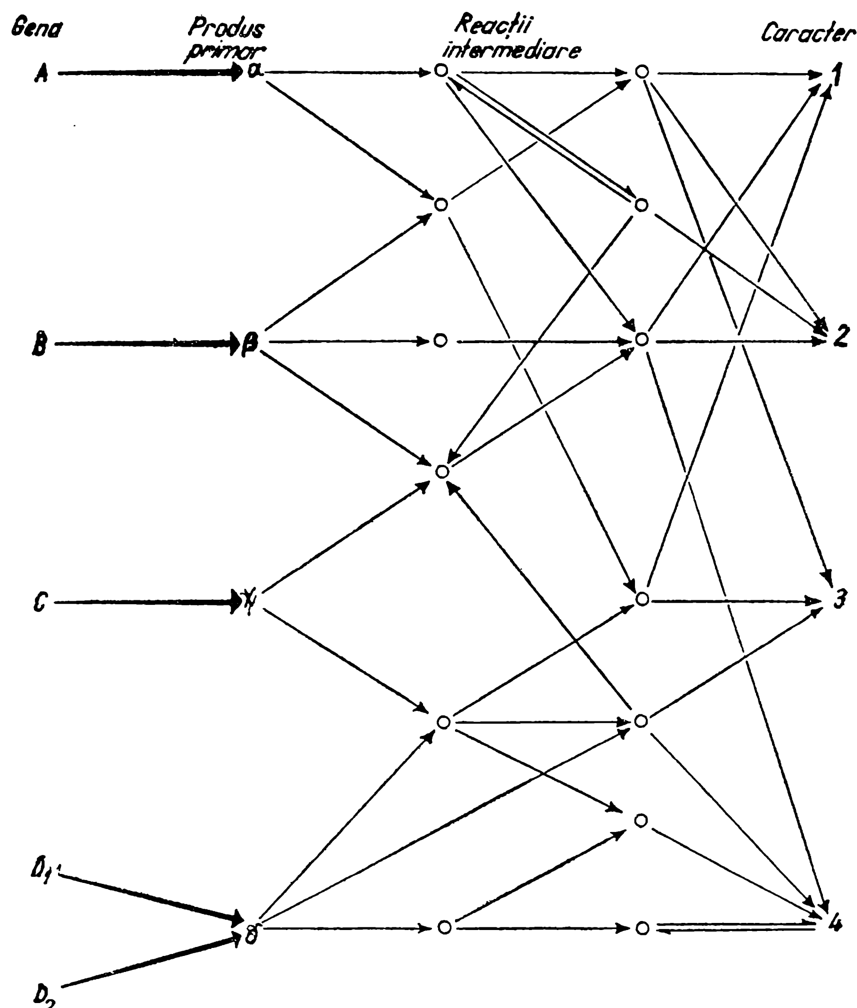


Fig. 35. Interacțiunea complexă între gene și caractere fenotipice, ilustrînd efectul pleiotropic (după G. L. Stebbins, 1966).

modifica și alte caractere fenotipice la al cărora control participă genele date. Marea complexitate a fenomenelor și dificultățile pe care le ridică cercetarea lor, fac ca desfășurarea concretă a acestor interacțiuni să fie încă foarte puțin cunoscută.

Interacțiunile genelor se vădesc și prin schimbarea locului pe care-l ocupă în cromozom, fenomen denumit *efect de poziție*. El constă în faptul că o genă, fără a suferi vreo schimbare de structură ci schimbînd doar poziția față de alte gene în cromozom, are drept efect modificarea caracterului fenotipic corespunzător. În cazul *mutației Bar* la *Drosophila* s-a putut demonstra un asemenea efect. Mutația Bar se manifestă prin modificarea formei ochilor: în loc de rotunzi ei devin alungiți și înguști.

Localizarea mutației este pe cromozomul x care, în mod normal, conține o singură porțiune Bar. Mutația constă în faptul că porțiunea respectivă a cromozomului x se dublează, fapt vizibil la microscop. Gradul de îngustime a ochilor pare să depindă de numărul (doza) genelor Bar din genotip. Într-adevăr, se știe că masculul de *Drosophila* conține un singur cromozom x, pe cînd femela conține doi asemenea cromozomi. Deci femela va avea o doză dublă a genei Bar, față de mascul, ceea ce se manifestă în fenotip prin ochi mai înguști la femelă decît la masculul acestei mutante.

În cazul în care femela este homozigotă în privința genelor Bar, ea va conține patru doze Bar, cîte două pe fiecare cromozom x. S-a constatat că la asemenea femele apare uneori o ușoară mutație, constînd în faptul că cele patru doze Bar sînt repartizate inegal pe cromozomi: pe un cromozom apar 3 doze, pe altul una singură. Deși numărul total al dozelor Bar rămîne același (4), această nouă repartizare, care schimbă doar raporturile dintre gene (efect de poziție), are ca efect fenotipic îngustarea maximă a ochilor. Mutația a căpătat denumirea de „ultra-Bar" (fig. 36, *C*).

Același efect de poziție se constată în numeroase cazuri de *rupere și apoi refacere a cromozomilor*, în urma procesului de crossing-over: deși structura genelor nu se modifică, în urma refacerii cromozomilor

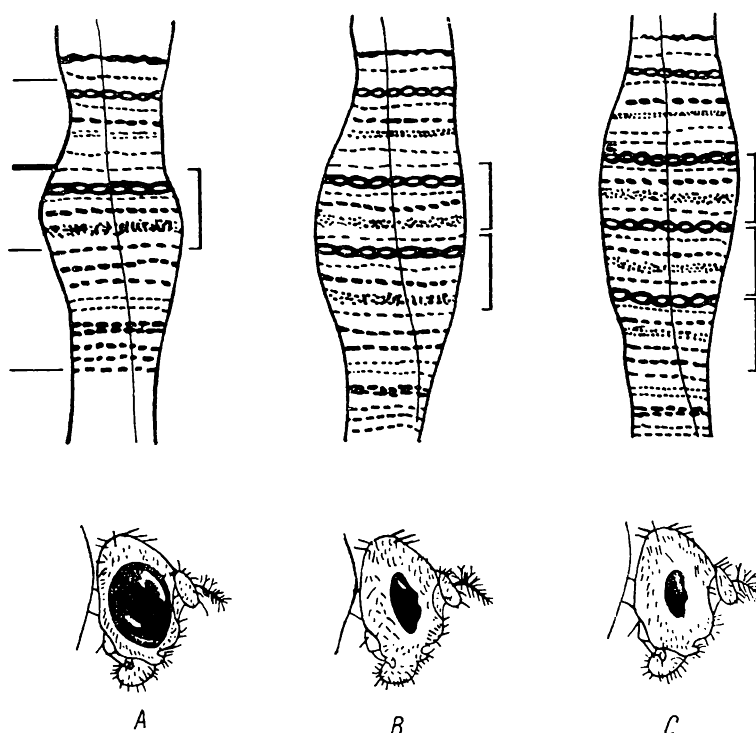


Fig. 36. Efectul de poziție a genei Bar la *Drosophila: A* – capul cu ochi normal; *B* – mutanta Bar; *C* – mutanta ultra-Bar. Pe porțiuni ale cromozomilor X sînt indicate segmentele corespunzătoare.

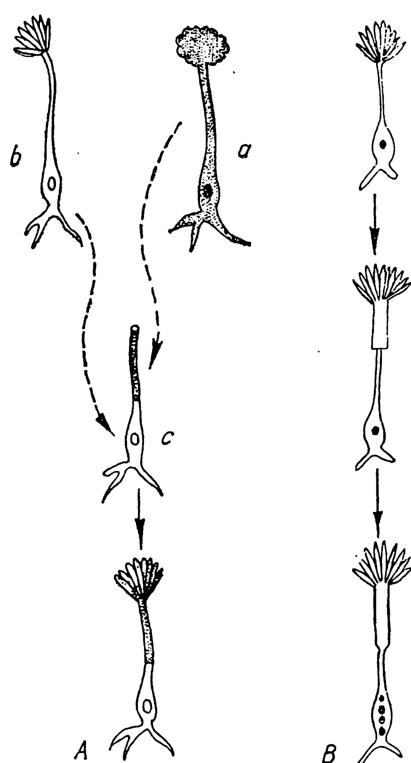


Fig. 37. Experiențe cu *Acetabularia* demonstrînd interacțiunea dintre nucleu și citoplasmă: *A* — o porțiune din pedunculul de *A. crenulata* (*a*) grefată pe porțiunea cu nucleu (c) de *A. mediterranea* (*b*) regenerează pălăria speciei de la care provine nucleul (*A. mediterranea*); *B* — „pălăria" de la o algă matură grefată pe porțiunea cu nucleu a unei plante tinere, la care nucleul încă nu se divide, determină intrarea nucleului în diviziune.

se poate modifica poziția lor pe același cromozom sau ele pot ajunge de pe un cromozom pe altul. Aceste modificări ale poziției genelor pot duce la modificarea dominanței, la noi combinări genetice și, deci, la noi caractere fenotipice.

Interacțiunea genelor cu citoplasma. Citoplasma reprezintă un alt factor al mediului care influențează activitatea genelor, prin interacțiunea continuă cu nucleul celular. Experiențele organizate în acest scop au fost făcute de pildă pe alga marină *Acetabularia* (fig. 37). Alga crește pe pietre în zona litorală, este monocelulară, are cîțiva centimetri în înălțime și forma unei ciupercuțe: un peduncul terminat cu o „pălărie", iar la baza pedunculului se află nucleul. Două specii ale acestei alge — *A. mediterranea* și *A. crenulata* — se deosebesc, printre altele, prin forma „pălăriei".

Dacă pe porțiunea bazală a pedunculului (conținînd deci nucleul) la *A. mediterranea* se grefează o porțiune de peduncul (fără nucleu și fără pălărie) de la *A. crenulata*, se regenerează „pălăria" de la *A. mediterranea*, deci de la specia căreia îi aparținea nucleul. Aceasta demonstrează influența nucleului asupra dezvoltării celorlalte caractere ale plantei. Pe de altă parte, alte experiențe au arătat influența citoplasmei asupra activității nucleului: dacă la o algă matură, la care nucleul este gata să intre în diviziune, se înlătură pălăria, nucleul nu se mai divide; sau, dacă la o algă tînără, la care nucleul încă nu este gata de diviziune, se grefează pălăria de la o algă matură, nucleul intră în diviziune.

Experiențe sugestive au fost efectuate pe amibe, prin transplantări de nuclei de la o specie la alta. Animalele obținute, reproducîndu-se normal, după mai multe generații continuă să manifeste caractere ale ambelor specii — deci atît de la aceea de la care provine nucleul, cît și de la aceea de la care provine citoplasma.

Interacțiunea genelor cu factorii neuro-umorali este, practic, greu de deosebit de aceea cu citoplasma, deoarece și ea se exercită prin citoplasmă. De altfel, nu este nevoie să insistăm asupra acestei interacțiuni, deoarece la fiziologia omului și a animalelor se dau numeroase exemple

care demonstrează rolul hormonilor și al sistemului nervos asupra dezvoltării și activității organismului.

Vom demonstra această interacțiune printr-un singur fapt: în glandele salivare de la multe diptere se află cromozomi giganți. Probabil, aceste dimensiuni neobișnuite ale lor (care îi fac deosebit de comozi pentru diferite studii genetice) se datorează activității intense a secreției celulelor glandulare. Pe acești cromozomi sînt bine vizibile discurile care se datorează spiralizării mai multor cromoneme pe un același nivel. Porțiunile dintre discuri corespund unor spiralizări mai slabe. Numărul și poziția discurilor pe fiecare cromozom sînt specifice și caracteristice.

Modificarea funcțională a cromozomilor duce la formarea de umflături (*puff*-uri) pe anumite porțiuni, probabil reflectînd intrarea în funcțiune a anumitor gene. În aceste zone discurile devin mai puțin vizibile, poate în urma despiralizării cromonemelor. În zona puff-ului are loc o producție activă de ARN (probabil ARN*m*) și de proteine. După un timp puff-ul dispare și cromozomul revine la înfățișarea lui normală.

S-a constatat la dipterul *Chironomus dorsalis* (fam. *Chironomidae*) că în timpul metamorfozei larvelor se produce o anumită succesiune a puff-urilor, caracteristică fiecărui stadiu al larvei. La pupa matură puff-urile în cea mai mare parte dispar, fapt legat de încetarea activității glandelor salivare.

Formarea puff-urilor (deci activitatea cromozomilor, respectiv a genelor) este controlată de activitatea hormonală, deci de organism ca întreg. Pe *Drosophila* s-a putut arăta că hormonul metamorfozei determină formarea de puff-uri pe anumiți loci ai cromozomilor. Dacă se împiedică accesul hormonilor puff-urile nu se mai formează; de asemenea, la temperatură joasă, puff-urile nu se formează.

Aceste fapte dovedesc pe de o parte că diferitele gene intră în acțiune în diferite faze ale dezvoltării individuale, iar pe de altă parte că intrarea lor în funcțiune este legată de interacțiunea cu citoplasma și cu activitatea hormonală a organismului ca întreg.

Interacțiunea genelor cu mediul extern. Expresia fenotipică a genotipului se poate modifica și prin acțiunea factorilor externi, fără a afecta structura genotipului, prin schimbările mediului afectînd desfășurarea proceselor metabolice.

Iată cîteva fapte care ilustrează cele spuse: hortensia *(Hydrangea macrophylla hortensis)* își schimbă culoarea florilor de la roz la albastru sub influența sărurilor de aluminiu din sol. Explicația constă în faptul că substanța delfinidina din flori, care în mediul acid al sucului celular are culoarea roz, virează spre albastru în exces de aluminiu.

Se cunoaște că numeroase plante amfibii (*Ranunculus, Polygonum, Sagittaria* etc.) își schimbă profund numeroase caractere morfologice și fiziologice (forma și mărimea frunzelor, forma tulpinilor, numărul stomatelor, structura unor țesuturi etc.) în funcție de condițiile concrete în care se dezvoltă planta respectivă.

Se știe că în mod obișnuit sexul la animalele cu sexe separate este determinat pe cale genetică în momentul fecundării. În unele cazuri însă, determinismul sexului aparține condițiilor de mediu. Astfel, la planta *Arisaema japonica* sexul depinde de mărimea (greutatea) tuberculilor, deci de cantitatea rezervelor nutritive. Tuberculii cei mai bogați în

rezerve dau plante cu flori femele, pe cînd tuberculii săraci în substanțe de rezervă dau numai plante cu flori masculine.

Și la animale se cunosc cazuri cînd mediul poate influența sexul. Un caz foarte semnificativ este acela al gefirianului *Bonellia viridis*. La acest animal marin, masculii, mici doar de cîțiva milimetri, avînd o structură foarte simplificată, duc o viață parazitară în uterul femelei, îndeplinind doar funcția de fecundare a ovulelor. Femela are corpul de mărimea cam a unei prune și o trompă mult mai lungă, care iese din crăpăturile stîncilor unde trăiește animalul. Din ouăle fecundate ies larvele care duc un timp viață planctonică apoi se așază. Dacă larvele se așază pe trompa femelei mature sexual, din ele se vor dezvolta masculi, iar dacă se așază pe alte obiecte de pe fund, ele vor da femele.

La albine, se știe că atît matca cît și albinele lucrătoare provin din ouă fecundate, avînd deci același genotip. Dar hrana administrată larvelor determină fertilitatea mătcii și sterilitatea lucrătoarelor, precum și numeroase alte deosebiri fenotipice.

La mutanta *vestigial* de la *Drosophila*, gradul de închircire a aripilor depinde de temperatura la care cresc larvele. Dacă această temperatură crește pînă la 31°C, aripile se dezvoltă normal, deși genotipul conține gena schimbată *vg* (fig. 38).

La iepurii de casă din rasa Himalaia blana albă devine neagră la temperaturi scăzute sau se înnegrește doar în porțiunea în care este aplicată temperatura scăzută.

În sfîrșit, tot în acest sens, putem aminti numeroase animale (mamifere, păsări, insecte) la care se schimbă culoarea corpului sau a unor părți ale lui în funcție de anotimp, de altitudine, sau de alți factori.

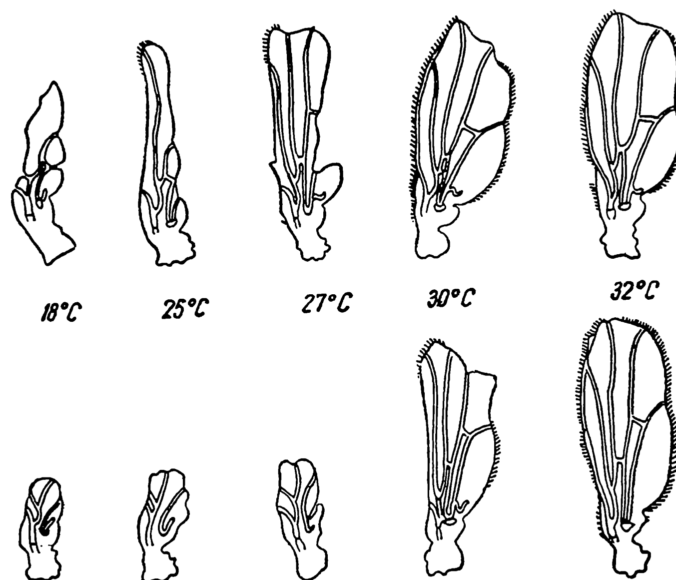


Fig. 38. Dependența de temperatură a expresiei fenotipice a mutației „vestigial" la *Drosophila*.

Aceste fapte arată că realizarea fenotipică a informației genetice nu este determinată în mod rigid de către genotip. *Fenotipul apare ca rezultat al interacțiunii dintre genotip și condițiile concrete ale mediului în care se dezvoltă organismul dat.*

Încă o ilustrare, cu semnificație foarte generală, a plasticității fenotipice, pornește chiar de la bazele biochimice ale variabilității individuale. S-a constatat că în procesele biochimice și, în general, în procesele chimice complexe cu participarea de substanțe organice, reacțiile nu se desfășoară riguros într-o singură direcție ci pe mai multe direcții. Aceasta se aplică și la procesele fermentative din organisme. Un ferment sau grup de fermenți determină un fascicul de reacții (proces multidirecțional) din care rezultă nu un singur produs ci un amestec de produse, apropiate. De subliniat, însă, că din mai multele direcții în care se desfășoară procesul, una este dominantă, de aceea și unul din produsele de amestec va fi și el dominant.

Astfel, în experiențe de sinteză fermentativă a polizaharidelor sub acțiunea fosforilazei din cartofi, se formează *un grup* de polizaharide.

În cazul glicogenului, la diferite animale, se constată că la un același organism și chiar în unul și același organ glicogenul nu este omogen ci reprezintă un amestec de glicogeni cu structuri diferite. Proporțiile dintre diferite fracții de glicogen variază în același organ, la o specie, după anotimp, după starea animalului, după starea sistemului nervos.

Diferitele substanțe proteice — rezultat al unor procese metabolice complexe — sînt reprezentate prin amestecuri de substanțe apropiate, deosebite prin mărimea moleculei, detalii de structură. Raporturile cantitative dintre diferitele fracții variază în funcție de specie și de hrană mai ales.

Chiar fermenții nu sînt perfect omogeni ci și ei reprezintă amestecuri de proteine apropiate. Astfel s-a constatat heterogenitatea ribonucleazei, a chimotripsinei, a pepsinei. Dehidrogenaza nu este omogenă chiar la același animal. Chiar același țesut sau tip de celule pot conține mai multe forme ale aceleiași enzime. De pildă, în inima de bou s-au identificat cinci dehidrogenaze lactice.

Existența unei aceleiași enzime sub diferite forme (*izozime*) este explicabilă dacă ne reamintim (v. *Capit. 1.1.*) că în molecula enzimei centrul ei activ reprezintă gruparea moleculară cea mai importantă. Din restul moleculei pot fi eliminate sau înlocuite unele grupări mai mari sau mai mici, fără a-i modifica însușirile esențiale.

Această variabilitate biochimică a diferitelor grupuri de substanțe, inclusiv a fermenților, are o profundă semnificație biologică evolutivă. De pildă, existența mai multor enzime cu funcții apropiate dar nu identice poate permite unui organism să supraviețuiască într-o mai mare diversitate de condiții. Plantele, avînd mai multe oxidaze cu optimum de acțiune diferit, vor putea suporta o mare amplitudine a variațiilor diferiților factori. La fel, la animale, aceeași semnificație o are heterogenitatea structurii și condițiilor de funcționare a pigmenților respiratori.

Între ce limite se poate schimba expresia fenotipică a unui genotip? Cu alte cuvinte, care este amplitudinea schimbării diferitelor caractere fenotipice, genotipul rămînînd același?

Faptele arată în mod evident că asemenea limite există, ele sînt determinate de însăşi structura organismului respectiv, în ultimă instanţă de structura genotipului său. Ele reprezintă „programele“ sistemului individual. Limitele între care se pot produce aceste schimbări fenotipice ale unui aceluiaşi genotip poartă numele de *norma de reacţie* a organismului. Această normă de reacţie globală a unui organism este alcătuită din numeroase *norme de reacţie elementare*, expresii diferite ale unei singure mutaţii, de plidă cazul amintit al mutantei vestigial de la *Drosophila*.

Diferitele expresii fenotipice în cadrul normei de reacţie poartă numele de **modificaţii.** Caracteristica modificaţiilor constă în aceea că, fiind rezultatul autoreglării căilor metabolice specifice în funcţie de factorii mediului, ele reprezintă *răspunsuri adecvate* ale organismului faţă de condiţiile cu care se află în interacţiune la un moment dat al dezvoltării sale.

Nu orice modificaţie concretă este ereditară. Acest lucru ar fi şi dăunător, deoarece nici condiţiile de mediu nu rămîn constante din generaţie în generaţie. Ereditare sînt normele de reacţie, deci *capacitatea* organismului de a se modifica între anumite limite, capacitate limitată însă de structura sa genotipică. Genotipul determină orientarea generală a reacţiilor fenotipice. Din numeroase posibilităţi (programe) determinate de structura genotipului, se realizează numai acelea mai potrivite interacţiunii organismului cu condiţiile concrete de viaţă.

Prin urmare, se poate spune că esenţa biologică a dezvoltării individului constă în decodificarea informaţiei genetice care, prin construirea unui anumit fenotip, se transformă în sistemul legăturilor organismului cu mediul.

3.2.3. „DOGMA FUNDAMENTALĂ“ A GENETICII

Expunerea de mai sus, privind mecanismele variabilităţii, duce la ideea esenţială că informaţia genetică circulă într-un singur sens:

ADN → *ARN* → *substanţe proteice* → *caractere* (trăsături ale organismului).

Faptul că, după cum s-a arătat, realizarea diferitelor caractere se poate modifica datorită interacţiunii informaţiei genetice cu diferite trepte ale mediului (alte gene, citoplasma, factori hormonali, neurali etc.), nu schimbă cu nimic esenţa procesului, pentru că aceşti factori ai mediului nu schimbă *calitatea informaţiei genetice*. Această concepţie reprezintă una din ideile centrale ale geneticii actuale şi este cunoscută sub denumirea semnificativă de „dogmă fundamentală“ — denumire dată în 1958 de Crick, unul din descoperitorii structurii ADN.

Din punct de vedere al concepţiei sistemice, această idee apare ca discutabilă. Dacă sistemele biologice sînt sisteme cibernetice, atunci informaţia nu poate circula în ele într-un singur sens ci trebuie să existe un autocontrol prin conexiune inversă, deci trebuie să existe şi o cale de întoarcere a informaţiei de la substanţele proteice la acizi nucleici sau, mai general, de la fenotip la genotip.

În favoarea acestei *interacţiuni* dintre acizii nucleici şi substanţele proteice pledează o serie de argumente. Vom menţiona unele dintre ele.

Acizii nucleici în mod normal sînt structurați și funcționează sub formă de complexe nucleoproteice și nu în stare pură. În condiții de laborator, substanțele proteice și acizii nucleici se combină cu ușurință. Această interacțiune strînsă dintre substanțele proteice și acizii nucleici este relevată și de faptul că replicarea și duplicarea ADN-ului se produc numai în prezența substanțelor proteice. Se cunoaște faptul că pătrunderea ADN-ului fagic în corpul bacteriei atacate este însoțită și de pătrunderea unei mici cantități de proteină fagică. Odată pătrunse în corpul bacteriei, începe mai întîi sinteza proteinei fagului și, după un timp oarecare (circa 10 minute), începe și sinteza ADN-ului fagic. Dacă este blocată sinteza substanțelor proteice, sinteza ADN nu mai are loc.

Pornind de la această interacțiune, unii biochimiști sînt de părere că proteinele, participînd la sinteza și funcționarea acizilor nucleici, pot influența procesul codificării. Prin urmare, informația ar putea fi transmisă și de la proteine la acizii nucleici.

O altă categorie de argumente pledează în favoarea ideii că nu numai acizii nucleici pot funcționa ca matrițe, pe care, pe baza complementarității, se sintetizează substanțele proteice. Acest rol, după cît se pare, îl pot avea și substanțele proteice și chiar polizaharidele, ceea ce ar permite transmiterea informației conținute în structura lor moleculară către alte structuri moleculare. De pildă, ipoteza cea mai acceptabilă pentru explicarea caracterului complementar al antigenilor și al anticorpilor admite că antigenul funcționează după principiul matriței, deci asemănător cu modul de funcționare al acizilor nucleici.

Nici unul din aceste considerente, în cea mai mare parte teoretice, privind posibilitatea transferului invers al informației, de la ARN la ADN, sau privind posibilitatea funcționării moleculei proteice în calitate de matriță, nu se bazau pe dovezi certe în sprijinul lor.

În ultimii ani au început să se acumuleze tot mai multe rezultate ale cercetărilor care demonstrează realitatea transferului de informație de la ARN la ADN. O serie de cercetări inițiate de N. Temin în 1964 și apoi dezvoltate de el și de alți cercetători au pornit de la constatarea că unele virusuri cancerigene (la păsări și la mamifere), avînd în constituția lor ARN, induc în celulele gazdelor modificări ale ADN-ului lor, modificări ce se transmit la generațiile următoare de celule. Recent a fost descoperită și enzima — o polimerază a ADN — care sintetizează ADN pe matrița de ARN. Această sinteză se desfășoară în două etape. Mai întîi apare un „hibrid“ ARN—ADN, adică macromolecule dublu catenare, în care un lanț este reprezentat prin ARN, iar celălalt prin ADN complementar. În etapa a doua, ADN din molecula hibridă preia funcția de matriță și induce sinteza lanțului de ADN complementar.

Cercetări ulterioare au arătat că acest proces s-ar produce și în celulele normale, mai ales în stadii embrionare ale animalelor sau în organe în curs de regenerare.

Prin urmare, transferul invers al informației, de la ARN la ADN, este o realitate, a cărei generalitate încă nu o cunoaștem suficient.

Transferul informației de la proteină la ARN sau ADN încă nu a fost demonstrat.

În sfîrşit, trebuie subliniat faptul că, odată cu determinarea proceselor metabolice de către gene, are loc şi procesul invers — controlul permanent al activităţii genelor prin desfăşurarea metabolismului. Dată fiind importanţa acestui proces, îl vom examina mai îndeaproape în cele ce urmează.

3.3. REGLAREA METABOLICĂ A ACTIVITĂŢII GENELOR

3.3.1. NECESITATEA AUTOCONTROLULUI ACTIVITĂŢII METABOLICE

La începutul acestui capitol s-a arătat că, date fiind potenţialităţile chimice practic nelimitate ale substanţelor organice şi necesitatea orientării riguroase a reacţiilor pe anumite căi metabolice care, în ultimă instanţă, trebuie să ducă la dezvoltarea normală şi reproducerea organismului, desfăşurarea normală a metabolismului nu ar fi posibilă fără existenţa unor mecanisme de autocontrol al lui.

Bacteriile, de pildă, cresc şi se înmulţesc atît de repede încît îşi pot dubla masa lor la fiecare 15—20 minute. Reacţiile de sinteză sînt deci, în acest caz, foarte active. Ele sînt rezultatul unei înalte organizări şi ordonări a proceselor metabolice, avînd drept sens biologic realizarea creşterii şi multiplicării la valori maxime permise de condiţiile date.

Creşterea bacteriilor este cu atît mai rapidă, cu cît mediul de cultură conţine mai mulţi aminoacizi şi baze azotate (purine, pirimidine). Substanţele ce lipsesc în mediu (de la început, sau dispar, se epuizează la un moment dat) trebuie sintetizate de bacterie şi aceasta cu viteze inegale, după proporţiile în care intră în alcătuirea macromoleculelor, cu maximum de economie, dar destul de rapid spre a satisface necesităţile unei creşteri şi multiplicări active. Realizarea unor asemenea procese presupune, deci, o riguroasă coordonare şi un control precis al proceselor multiple şi complexe.

Însăşi acest control trebuie să fie suplu. Într-adevăr, celulele înmulţindu-se în mediul lor de cultură (sau chiar în mediu natural) consumă (şi aceasta selectiv) substanţele hrănitoare, schimbă proporţiile acestora, modifică *p*H-ul mediului, elimină în mediu produse toxice, adesea pot epuiza rezervele de oxigen. Aceasta face necesară o continuă „reajustare" a proceselor metabolice, conform cu noile condiţii.

Chiar dacă diferitele condiţii ale mediului sînt menţinute constante în mod artificial (de pildă, într-un chemostat), relaţiile celulelor bacteriene cu mediul se modifică datorită creşterii celulelor, prin schimbarea raportului dintre volumul celulelor şi suprafaţa lor (se ştie că în general unui volum mai mare îi corespunde o suprafaţă mai mică). Această schimbare, determinînd modificarea raportului dintre reacţiile chimice şi unitatea de volum, face necesară reglarea vitezei de aprovizionare a celulei cu diferite substanţe, a vitezei de eliminare a produşilor metabolici. Înseamnă că în tot timpul dezvoltării şi creşterii individuale a celulelor bacteriene echilibrul metabolic trebuie modificat. Diviziunea celulară, care intervine la un moment dat, cînd celula realizează anumite dimensiuni, apare ca o primă reacţie, ca o adaptare, care nu per-

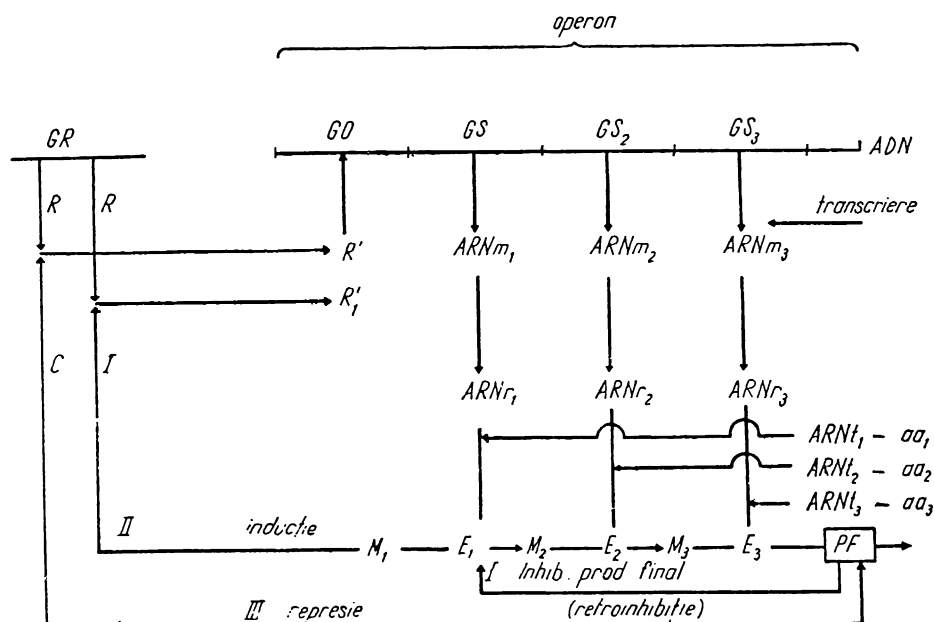


Fig. 39. Schema reglării metabolice a activității genelor. *(Explicația în text.)*

mite ca schimbările menționate să depășească anumite limite compatibile cu activitatea normală și neîntreruptă a celulei.

Aceste fapte arată existența unor mecanisme precise de control al proceselor metabolice în relațiile organismului cu mediul său de existență. Deoarece procesele metabolice sînt de natură enzimatică, iar producerea de enzime este controlată de acizii nucleici, cel puțin unele mecanisme de autoreglare a metabolismului vor afecta și activitatea acizilor nucleici (a genelor).

În momentul de față se cunosc cîteva mecanisme de autoreglare, prin conexiune inversă, a proceselor metabolice celulare. Ele au fost stabilite pe *Escherichia coli* și pe alte bacterii și sînt reprezentate schematic în figura 39.

3.3.2. INHIBAREA ENZIMELOR PRIN PRODUSUL ACTIVITĂȚII LOR (RETROINHIBIȚIA)

Această cale de reglaj constă în faptul că atunci cînd produsul final al unei căi metabolice ajunge la o anumită concentrație, el determină inhibarea activității fermentative și, deci, oprirea propriei sale sinteze. Din punct de vedere al economiei celulei, cea mai avantajoasă ar fi frînarea reacției inițiale din lanțul metabolic sau în orice caz a uneia din reacțiile inițiale, pentru că în acest fel s-ar opri sinteza unei întregi serii de produși intermediari deveniți inutili și astfel s-ar realiza maximum de economie de material și energie.

De pildă, la *Escherichia coli* s-au studiat mecanismele de control al sintezei bazelor pirimidinice. La această bacterie se cunoaște o mutantă

care este capabilă să sintetizeze toți predecesorii uracilului, inclusiv acidul orotic — predecesorul imediat al bazei pirimidinice, dar nu este capabilă să transforme acidul orotic în uracil, deoarece îi lipsește enzima respectivă. Dacă în mediul de cultură se adaugă uracil (deci produsul final al căii metabolice), bacteria nu mai sintetizează acidul orotic și nici predecesorii lui. Îndată ce uracilul din mediu este epuizat, sinteza produșilor intermediari reîncepe. De aici se vede că uracilul (produsul final) blochează, prin conexiune inversă, întreaga cale metabolică a propriei sale sinteze.

Același efect s-a constatat, de pildă, în cazul sintezei argininei la *Neurospora.*

Aceste răspunsuri ale organismelor mai arată că, dacă în mediu se găsesc substanțe nutritive potrivite, ele sînt consumate preferențial față de substanțele endogene, în felul acesta producîndu-se însemnate economii de materiale și energie. Apare evident caracterul adecvat al acestui mecanism de autocontrol al metabolismului care, în funcție de condițiile concrete ale mediului, permite realizarea optimă, cea mai economică, a metabolismului.

În prezent se cunoaște și mecanismul general al acestui proces. Produsul final (denumit și *inhibitor* sau *efector alosteric)* totdeauna inhibă activitatea *primei enzime* din lanț (denumită și *enzima* reglatoare); de remarcat că celelalte enzime din lanțul metabolic dat nu sînt sensibile, nu reacționează față de inhibitor (produsul final).

Proteina primei enzime din lanțul metabolic (enzima reglatoare) are doi centri activi, dintre care unul are funcția de a lega enzima cu substratul respectiv și, deci, de a permite însăși funcția enzimatică a proteinei. Celălalt centru activ, denumit și *centru alosteric,* avînd structura complementară cu aceea a produsului final al lanțului metabolic (efector alosteric), permite fixarea acestui produs.

Această fixare, care este reversibilă, determină modificarea structurii spațiale a proteinei enzimei împiedicînd, astfel, legarea ei de substratul său specific și, deci, acțiunea ei enzimatică.

3.3.3. REPRESIA ȘI INDUCȚIA SINTEZEI FERMENȚILOR

În dezvoltarea organismului, formarea diferitelor trăsături sau caractere mai mult sau mai puțin complexe este determinată de funcționarea unui număr mai mic sau mai mare de gene, în interacțiune cu condițiile mediului. Deoarece caracterele unui organism nu apar toate în același timp ci într-o anumită succesiune în cursul ontogenezei, înseamnă că în fiecare etapă dată a dezvoltării individuale funcționează doar *anumite* gene, diferite, în diferitele celule și țesuturi; în etapa următoare intră în funcție alte gene. Deci se produce o succesiune și în activitatea genelor. Aceasta înseamnă că există niște *mecanisme care determină intrarea în funcțiune sau, din contră, blocarea funcționării unor anumite gene.* Aceste procese nu sînt încă pe deplin descifrate.

Represia. Reprezintă unul din asemenea mecanisme. Se consideră că genele care determină sinteza fermenților necesari desfășurării etapelor unei căi metabolice oarecare sînt situate una în vecinătatea alteia

și poartă numele de *gene structurale (G. S.)*. Funcționarea operonului este controlată de *gena operatoare (G. O.)* situată în imediata apropiere a genelor structurale. Ele, împreună cu gena operatoare, reprezintă *operonul*. Gena operatoare poate determina punerea în funcție sau blocarea operonului.

Nu se cunoaște încă precis mecanismul molecular al modului de funcționare al genei operatoare. Se pare că histonele joacă un rol important în acest proces, ele putînd bloca funcționarea genelor. La rîndul său gena operatoare este controlată (pusă în funcție sau blocată) de către *gena reglatoare (G. R.)* situată la oarecare distanță de operon. Funcționarea acestui complex de gene se produce în modul următor. Gena reglatoare elaborează un produs denumit *represor specific (R)* de natură proteică.

Funcționarea represorului *(R)*, elaborat de gena reglatoare, depinde de interacțiunea lui cu alți produși. Combinat cu o anumită substanță, denumită *corepresor (C)*, represorul își schimbă configurația spațială în așa fel încît produsul *(R')* intră în interacțiune cu gena operatoare și blochează funcționarea genelor structurale ale operonului. Ca urmare, încetează sinteza fermenților respectivi. În calitate de corepresor, deci de substanță care condiționează acțiunea represorului, poate funcționa de pildă un produs final al unui lanț metabolic *(P. F.)*.

Inducția. O altă categorie de substanțe, denumite *inductori (I)*, poate interacționa cu represorul blocîndu-l, deci schimbîndu-i în așa fel configurația spațială încît acțiunea produsului *(R'_1)* asupra genei operatoare devine imposibilă. În acest caz funcționarea genelor structurale continuă. Funcția de inductor o poate avea chiar o substanță(M_1 — substrat) asupra căreia lucrează fermenții produși de operon. Prin urmare, cînd apare o substanță pe care celula o folosește în nutriție (un substrat), ea blochează represorul, gena operatoare este deblocată și pune în funcție operonul. Genele structurale determină formarea enzimelor corespunzătoare, care încep să lucreze asupra substratului. Acest proces poartă numele de *inducție*, deoarece prin el se induce formarea fermenților necesari. Dispariția substratului (epuizarea lui) duce la deblocarea represorului, acesta acționează asupra genei operatoare blocînd-o și, totodată deci, este oprită sinteza fermenților care au devenit inutili.

Funcționarea acestui mecanism oferă explicarea unor fenomene complexe. De pildă, cînd în mediul de cultură a unui microorganism apare un substrat nou, cu care organismele respective nu se hrănesc în mod obișnuit, după o pauză în creștere se produce o reajustare a proceselor metabolice: organismele încep să utilizeze noul substrat, deci încep să producă fermenții necesari transformării lui. În felul acesta se explică, de pildă, trecerea drojdiei de bere la utilizarea galactozei — un substrat nou față de glucoza cu care se hrănește în mod normal această ciupercă. Se cunosc alte numeroase exemple în acest sens.

Trebuie subliniate unele aspecte importante ale funcționării mecanismelor descrise, ale inducției și represiei. În primul rînd este *interacțiunea genelor*. Se constată că genele nu lucrează izolat, ele constituie niște complexe, adevărate blocuri funcționale, în a căror structură intră gene numeroase și cu funcții diferențiate. Numai *toate împreună* pot asigura funcționarea normală, corectă a sistemului genetic. Prin urmare, unitatea

funcţională a aparatului genetic apare mult mai complexă decît o genă luată separat. În al doilea rînd, trebuie subliniat caracterul finalizat, adecvat al funcţionării acestui mecanism, datorită conexiunii inverse. Într-adevăr, după cum s-a arătat mai sus, organizarea acestui mecanism este de aşa natură încît pe de o parte asigură elaborarea fermenţilor cu maximum de economie (ei sînt produşi numai atîta timp cît sînt necesari), iar pe de altă parte sînt produşi doar acei fermenţi care sînt necesari utilizării substratului. Acest din urmă aspect este deosebit de important. El arată că activitatea genelor, în ultimă instanţă, este legată de acţiunea unor metaboliţi (substanţe din mediul intern sau extern) şi se desfăşoară în dependenţă de cantitatea şi calitatea acestora din urmă. Aici apare evident interacţiunea genotipului cu condiţiile mediului. Dar aceasta ridică şi o altă problemă complexă: cum se face ca un substrat nou, cu care microorganismul respectiv nu a mai avut de-a face în cursul evoluţiei sale, să determine sinteza tocmai a fermenţilor specifici, necesari pentru utilizarea lui ca sursă de hrană? Mecanismul descris al funcţionării operonului presupune că în celulă preexistă gene pentru orice fel de substrat nou, utilizabil, pe care l-ar putea întîlni organismele date. Trebuie să recunoaştem că o asemenea concepţie are un caracter preformist, ce-i drept, la nivel molecular.

O altă ipoteză ar presupune că substratul nou, pe o cale sau alta, ar putea determina modificări corespunzătoare chiar în structura genelor şi, ca urmare, inducerea sintezei fermenţilor corespunzători. În sprijinul acestei ipoteze încă nu există dovezi pînă în prezent şi ea ar contraveni dogmei. Astfel fenomenul inducţiei, cu o însemnată semnificaţie biologică, încă nu şi-a găsit o explicaţie satisfăcătoare.

Fineţea mecanismelor de reglaj prezentate asigură promptitudinea şi caracterul adecvat al reacţiilor individuale. Aceasta se vede şi din compararea efectelor inhibării prin produs final cu acelea ale represiei. Experienţele arată că pe prima din aceste căi se opreşte aproape instantaneu funcţionarea unei căi metabolice, oprind *activitatea* fermenţilor. Prin urmare, acesta este răspunsul mai prompt şi cel mai economic, de pildă, în cazul apariţiei în mediu a unui produs care mai înainte trebuie sintetizat.

Represia nu afectează activitatea fermenţilor ci sinteza lor. Se opreşte producerea de fermenţi, cei existenţi însă continuă să funcţioneze, dar cu intensitate tot mai scăzută datorită „diluării" lor în urma diviziunilor celulare. Deci se produce o încetinire treptată, în timp mai mult sau mai puţin îndelungat, a activităţii enzimelor respective, pînă la încetarea completă. Este un răspuns care corespunde unei dispariţii treptate a unui oarecare substrat nutritiv din mediul înconjurător.

3.4. TIPURI DE VARIAŢII ŞI ROLUL LOR ÎN EVOLUŢIE

Din punct de vedere al semnificaţiei lor în relaţiile organismului cu mediul, ca şi în procesul evoluţiei (deci ca fenomen individual), variaţiile se pot împărţi în două mari categorii: *a)* variaţii care afectează structura genotipului şi, din această cauză, se pot transmite la descen-

denţi; b) variaţii care afectează doar caracterele fenotipice, genotipul rămînînd neschimbat; asemenea variaţii nu se pot transmite la descendenţi. Din prima categorie fac parte *mutaţiile,* în sensul cel mai larg al acestei noţiuni, şi *recombinările genetice.* Din a doua categorie fac parte *modificaţiile* (vezi schema alăturată).

3.4.1. MUTAŢII

În sensul cel mai larg, reprezintă modificări ce se produc la nivelul genelor, al cromozomilor sau a altor constituenţi celulari purtători ai eredităţii, deci schimbări ale genotipului în sensul definit mai înainte.

Cauzele generale ale mutaţiilor sînt multiple. Unele mutaţii se pot produce spontan, în urma *mişcării termice a atomilor* din macromoleculele de ADN, mişcări care pot determina din cînd în cînd schimbarea structurii moleculelor care codifică informaţia genetică şi aceasta, deci, fără intervenţia vreunui factor extern faţă de macromolecule.

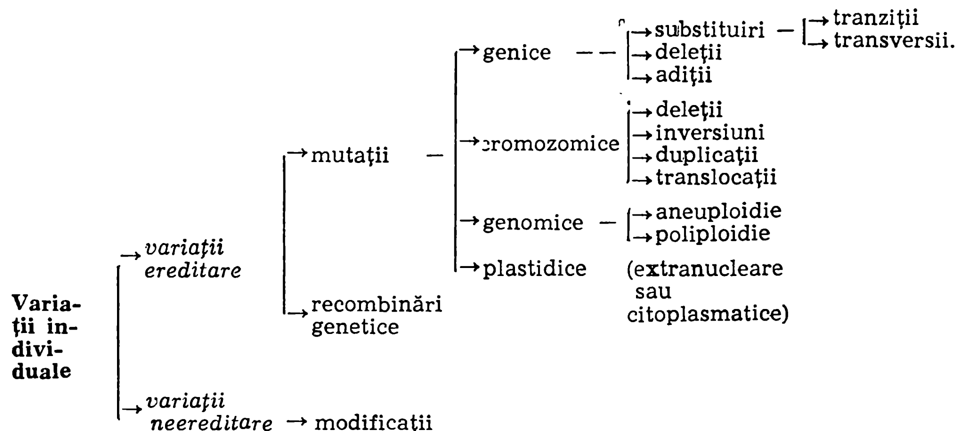
În procesul replicării ADN, cînd se produce copierea informaţiei genetice pe noi macromolecule de ADN sintetizate în cursul acestui proces, se pot produce *erori de copiere,* care reprezintă o altă importantă sursă de mutaţii.

Anomaliile în diviziunea mitotică şi mai ales în meioză, care se produc adesea, reprezintă şi ele o importantă sursă de mutaţii. În sfîrşit, *influenţa factorilor externi* (fizici, chimici, biologici) poate determina apariţia unor variate mutaţii, precum şi sporirea frecvenţei acestui proces.

După substratul pe care-l afectează, mutaţiile, la rîndul lor, pot fi împărţite în mutaţii *genice, cromozomice, genomice, plastidice.*

Dată fiind importanţa mutaţiilor pentru procesul evoluţiei, le vom examina pe rînd.

Tipurile de variaţii individuale



Mutaţii genice. Reprezintă singura categorie de mutaţii care afectează structura ADN şi anume, în mod obişnuit, ele determină modificări în structura codului genetic. În funcţie de modul cum se produce această

modificare, mutațiile genice se produc prin: *substituiri* ale unei perechi de nucleotide prin alta, prin *adiții* (adăugiri) ale unei noi perechi de nucleotide sau prin *deleții* (pierderi) ale unei perechi de nucleotide.

Substituirile se pot produce în două moduri diferite — prin *tranziții* și prin *transversii.*

În cazul t r a n z i ț i i l o r, o bază azotată este înlocuită cu o altă bază din aceeași categorie. De pildă, o bază purinică este înlocuită printr-o altă bază purinică, adică $A \rightleftarrows G$. Se înțelege că deoarece o bază purinică dintr-un lanț nucleotidic al ADN este legată de o anumită bază pirimidinică (complementară) din celălalt lanț, această înlocuire va atrage și înlocuirea bazei pirimidinice corespunzătoare din lanțul complementar. Deci, în exemplul dat, se va produce înlocuirea: $A—T \rightleftarrows G—C$.

În cazul t r a n s v e r s i i l o r, o bază purinică este înlocuită cu alta pirimidinică (sau invers, cu înlocuirea deci și a bazei complementare). Deci se pot produce următoarele substituiri prin transversii $A—T \rightleftarrows C—G$; $A—T \rightleftarrows T—A$; $G—C \rightleftarrows C—G$; $G—C \rightleftarrows T—A$.

Prin urmare, în ambele cazuri, în ultimă instanță o pereche de baze este înlocuită prin altă pereche ceea ce determină transformarea unui codon (a unui triplet) în altul, fapt care duce la modificări în sinteza lanțurilor polipeptidice.

Înlocuirea codonilor poate avea diferite urmări, în funcție de semnificația codonului nou apărut în procesul de sinteză a proteinelor:

— Atît codonul inițial, cît și cel modificat determină plasarea, în lanțul polipeptidic, a *aceluiași aminoacid.* De exemplu, AGU și AGC determină locul serinei. Deci, în acest caz, tranziția de la o bază pirimidinică (U) la alta (C) reprezintă o mutație care însă *nu schimbă structura proteinei,* nu schimbă deci secvența aminoacizilor în lanțul polipeptidic.

— Codonul inițial și cel modificat determină amplasarea unor *aminoacizi diferiți.* Deci, în acest caz, se va schimba secvența aminoacizilor, ducînd la schimbarea proprietăților biochimice și fiziologice a proteinei date.

— Codonul inițial, care determină amplasarea unui aminoacid, se transformă într-un codon de încheiere a lanțului polipeptidic, care semnifică sfîrșitul (capătul) lanțului polipeptidic și, deci, oprirea sintezei proteinei. După cum se știe, codul genetic determină nu numai secvența aminoacizilor într-un lanț polipeptidic, dar și lungimea lanțului. Codonii UAA, UAG și UGA au semnificația de terminare a lanțului. Dacă printr-o substituire codonul inițial se transformă în unul din acești trei codoni, sinteza lanțului proteic se oprește la el; deci se produce doar o porțiune din molecula proteică. Asemenea mutații poartă numele de „nonsens".

Delețiile (pierderile), ca și *adițiile* (adăugirile) unei perechi de baze, schimbă complet secvența aminoacizilor, deci structura proteinei, deoarece modifică citirea codonilor pornind de la punctul în care s-a produs mutația. De pildă, o succesiune inițială a codonilor poate fi: ATG, ACG, AGT, GCC, ATC... Dacă din primul codon se pierde *T,* atunci secvența devine AGA, CGA, GTG, CCA, TC,... deci modificată complet.

Deoarece substanțele proteice pot avea rol enzimatic sau unul structural, o asemenea mutație va putea afecta fie activitatea enzimatică, deci

desfăşurarea unor anumite căi metabolice cu consecinţele ce decurg din ele, fie direct structurile.

Experienţe pe *Drosophila*, de pildă, au arătat că mutaţiile genice pot afecta cele mai diferite caractere morfologice (dimensiuni, culori, chetotaxia, forma organelor etc.), fiziologice, de dezvoltare, de rezistenţă la diferiţi factori etc.

Mutaţiile genice reprezintă cea mai importantă sursă de noi caractere. Efectul lor genetic constă, de fapt, în adăugarea de noi alele (noi expresii) ale unui locus şi, deci, *îmbogăţirea patrimoniului ereditar* al indivizilor şi populaţiilor.

Mutaţii cromozomice. Nu afectează, în mod obişnuit, structura genelor ci mai ales legăturile dintre ele. Sînt restructurări ale cromozomilor, în urma cărora grupuri întregi, mai mari sau mai mici de gene, sînt mutate de pe un cromozom pe altul. Deci ceea ce se modifică este mai ales poziţia reciprocă şi interacţiunea genelor. După mecanismul lor de producere, mutaţiile cromozomice pot fi de mai multe categorii (fig. 40).

Deleţiile. Constau în pierderea unui locus sau a mai multora de pe un cromozom. De cele mai multe ori rezultatul unui asemenea fenomen (pierderea unui fragment de cromozom) este letal pentru organismul respectiv.

În unele cazuri, ca de pildă deleţiile care pot afecta cromozomul 18 sau cromozomul 5 la om, acestea duc la grave tulburări, deşi compatibile cu viaţa: debilitate mintală, malformaţii, deformare facială. Uneori însă, funcţiile respective pot fi compensate de alte gene sau pot să nu aibă efecte letale în cazul cînd au devenit inutile ca urmare a schimbării unor condiţii. De pildă, trecerea la modul de hrană saprofit sau parazit înlătură necesitatea unei serii întregi de enzime.

Inversiunile. Constau în inversiunea, cu 180°, a unui segment de cromozom. Se pot produce prin ruperea cromozomului în două locuri,

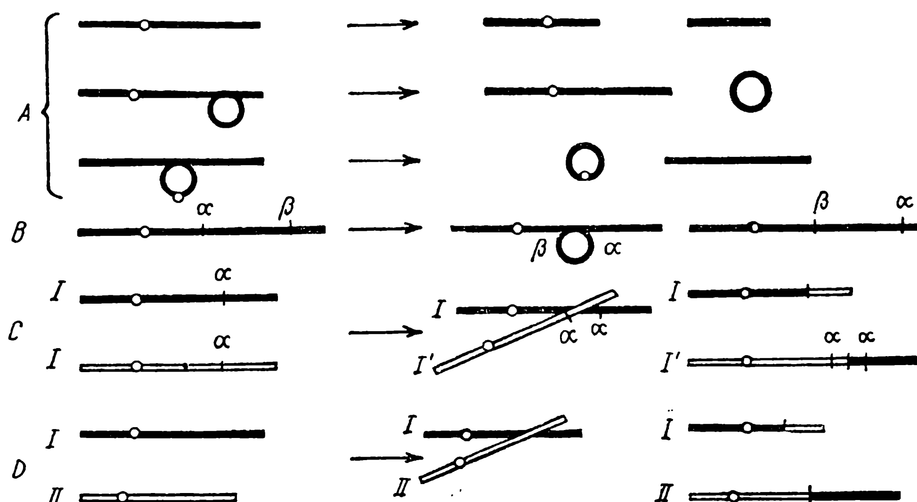


Fig. 40. Tipuri de mutaţii cromozomice: *A* — deleţii (este implicat un cromozom); *B* — inversiune (implică un singur cromozom); *C* — duplicaţie (implică doi cromozomi omologi); *D* — translocaţie (implică doi cromozomi neomologi).

după care segmentul dintre rupturi se realipește la cromozom dar în poziție inversată. În acest fel se inversează, pe segmentul respectiv, ordinea genelor.

Acest fenomen se produce mai ales în profaza fie a mitozei, fie a meiozei, cînd cromozomii lungi și subțiri se mișcă activ în nucleu.

În mod normal, cînd se produce împerecherea cromozomilor, genele omoloage se alătură în mod exact. Cînd se produce inversiunea, la împerecherea cromozomului cu inversiune cu un cromozom normal se formează o buclă, pentru a permite alăturarea genelor omoloage. În cazul cînd un organism este heterozigot pentru o inversiune, genele segmentului inversat apar atît de strîns legate între ele încît nu sînt afectate de crossing over și se transmit în bloc și, deci, nu mai pot produce recombinări genetice. În felul acesta, inversiunea poate deveni un mijloc bun de păstrare a unei anumite combinații a genelor, care se dovedește deosebit de avantajoasă selectiv. Într-adevăr, asemenea fenomene au fost constatate la diferite populații a unor specii de *Drosophila*.

Duplicațiile. Sînt restructurări care afectează o pereche de cromozomi *omologi:* între ei se produce un schimb de segmente *inegale,* astfel că în timp ce pe un cromozom apare o deficiență la unuia sau mai multor loci, pe celălalt cromozom acești loci apar dublați. Uneori asemenea schimbări nu dau efecte fenotipice vizibile, alteori determină modificări de diferite naturi.

Translocațiile. Constau în schimbări de segmente între doi cromozomi *neomologi.* Translocația poate fi *reciprocă* (schimb reciproc de segmente între cromozomi) sau *simplă* (un segment de pe un cromozom se transferă pe alt cromozom).

Și în cazul translocațiilor, ca și în cel al inversiunilor, la organismele heterozigote, în ceea ce privește translocația, meioza este alterată din cauza dificultăților în împerecherea cromozomilor omologi. Aceasta poate produce anomalii. La om unele cazuri de mongolism se datoresc fenomenului translocației.

Mutații genomice. Constau în modificarea numărului cromozomilor, deci a *garniturii* cromozomice, prin modificarea numărului unuia, cîtorva sau a tuturor cromozomilor. Aceste modificări reprezintă fenomene reunite sub numele de *poliploidie.* Diferite forme de poliploidie rezultă din anomalii în diviziunile celulelor germinale sau somatice și se pot datora celor mai diferite cauze ca, de pildă, fuziunea de nuclei, diferite traumatisme, parazitism, substanțe chimice, înțepături ale unor insecte, altoiri etc. Fenomenul este larg răspîndit la plante, dar mult mai rar la animale.

În mod obișnuit, majoritatea plantelor și animalelor sînt *diploide,* adică au o garnitură dublă de cromozomi în fiecare celulă. În unele cazuri, de pildă la unele insecte ce se înmulțesc partenogenetic (deci prin ovule nefecundate), celulele primesc numai o garnitură simplă de cromozomi. Acestea sînt organisme ***haploide*** iar garnitura lor cromozomică este ***monoploidă.*** Monoploidia o întîlnim, de pildă, la trîntorii (masculii) din familiile de albine. Ei provin din ovule nefecundate. Fenomene de monoploidie se întîlnesc și la plante cultivate (porumb, tutun, roșii) sau spontane *(Datura).*

În cazuri de *aneuploidie,* numai un cromozom apare multiplicat de 3, 4 ori.

În cazuri tipice de *poliploidie,* garnitura cromozomică apare multiplicată de 3, 4, 5 ... *n* ori. După proveniența cromozomilor putem distinge organisme *autopoliploide* și *allopoliploide.*

Autopoliploizii sînt indivizii poliploizi la care toți cromozomii provin de la aceeași specie. Se datoresc diferitelor anomalii ale mitozei sau meiozei. În urma unor mitoze anormale pot apare celule *tetraploide.* În urma meiozelor anormale pot apare gameți diploizi care, unindu-se cu un gamet monoploid, dau organisme *triploide.* La aceste organisme fiecare fel de cromozom este reprezentat prin trei cromozomi omologi care nu se pot alătura în mod normal. În unele cazuri unul din cei trei cromozomi rămîne desperecheat *(univalent)* iar doi se împerechează normal *(bivalenți).* În alte cazuri se formează grupuri din trei cromozomi însă alăturați anormal *(trivalenți).* În orice caz gameții unor asemenea organisme, în urma meiozelor anormale, au și garnituri cromozomice anormale, ceea ce face ca organismele triploide de cele mai multe ori să fie sterile. Nici la organismele tetraploide meioza nu decurge normal, ceea ce face ca și ele adesea să fie afectate de un înalt grad de sterilitate.

Autopoliploidia se întîlnește mai frecvent la unele plante cultivate. Puține cazuri se cunosc la plante spontane.

Allopoliploizii sînt indivizi poliploizi la care cromozomii provin de la specii diferite. Fenomenul se întîlnește frecvent la unele grupe de plante, la care speciile se pot încrucișa uneori între ele (sălcii, stejari, graminee, plante din genurile *Rosa, Prunus, Oenothera* etc.). Organisme hibride, astfel obținute, sînt în general sterile din cauza anomaliilor meiozei: cromozomii de la o specie nu-și găsesc omologii de la altă specie, se fac împerecheri anormale sau repartiții aberante de cromozomi.

Anularea sterilității și, deci, restabilirea fertilității se poate produce prin dublarea garniturii cromozomice astfel încît celulele să cuprindă cîte o garnitură diploidă de la fiecare specie parentală *(amfidiploizi).* La asemenea indivizi împerecherile cromozomilor se pot produce normal și ei devin fertili. Dublarea garniturii se poate obține pe cale artificială sau se poate produce și pe cale naturală. Experimental, ea a fost obținută la plante și chiar la animale.

Exemplu clasic de plante amfidiploide este cel obținut de Karpecenko (1928) prin hibridizarea verzei cu ridichea. *Brassica oleracea* are $2n=18$ iar *Raphanus sativus,* de asemenea, $2n=18$. Hibridul obținut conține tot 18 cromozomi, dar cîte 9 de la fiecare specie parentală. Este steril. Dublînd numărul cromozomilor se obțin plante cu $2n=36$ cromozomi, cîte 18 de la fiecare specie parentală (amfidiploizi), care sînt fertili. Datorită stabilității și deosebirii multilaterale față de speciile parentale acești amfidiploizi au fost considerați ca fiind un gen nou — *Raphanobrassica.* Numeroși amfidiploizi se cunosc la plantele spontane.

La animale, în mod experimental, au fost obținuți amfidiploizi la fluturele de mătase de către Astaurov (1965), prin îmbinarea partenogenezei artificiale cu hibridizarea între două specii diferite. Mai întîi, prin partenogeneză artificială au fost obținuți tetraploizi din ouă cu numărul de cromozomi neredus, provenit din diviziunea cromozomilor,

neînsoţită de diviziune celulară. Apoi femelele tetraploide de *Bombyx mori* au fost încrucişate cu masculi diploizi de *Bombyx mandarina* obţinîndu-se hibrizi triploizi, conţinînd o dublă garnitură de la prima specie şi o garnitură simplă de la cea din urmă. Provocînd partenogeneza acestor hibrizi s-au obţinut forme hexaploide. Prin fecundarea ovulelor triploide ale acestei forme cu spermatozoizi haploizi de la *B. mandarina*, s-au obţinut amfidiploizi cuprinzînd cîte o garnitură diploidă de la fiecare din cele două specii.

Fenomenul de poliploidie are mare importanţă atît din punct de vedere practic cît şi ştiinţific. Plantele autopoliploide cultivate au masa vegetativă mai mare, dau producţii mai mari, ca de altfel şi mulţi allopoliploizi. Adesea aceste plante sînt mai rezistente la boli sau la condiţiile climatice.

Poliploidia are un rol important în evoluţia plantelor. Vigoarea şi rezistenţa poliploizilor explică răspîndirea lor în regiuni cu condiţii severe de climă. De pildă, în insulele Spitzbergen din Oceanul Îngheţat de Nord 80% din angiosperme sînt poliploide, în Pamir 85% din graminee sînt poliploide, în Altai — 65%. Unele plante, cu răspîndire localizată, devenind poliploide capătă o răspîndire mult mai largă ca, de pildă, *Solanum nigrum, Fumaria officinalis, Capsella bursa pastoris* etc.

Nu trebuie însă să credem că absolut în toate cazurile poliploidia are asemenea efecte favorabile. Uneori poliploidul nu diferă de diploid. De pildă, la *Silene ciliata* ($2n=24$) se cunosc forme tetraploide ($2n=48$), octoploide ($2n=96$), 16-ploide ($2n=192$) care nu diferă de specia diploidă; la fel la cruciferul *Cardamine pratensis*. La *Phleum pratense alpinum* forma tetraploidă ($2n=28$) nu diferă morfologic de diploid ($2n=14$) şi adesea este mai puţin viguroasă. *Campanula rotundifolia* — forma diploidă ($2n=34$) este arctică, pe cînd forma tetraploidă ($2n=48$) este subarctică şi central europeană.

La plante adesea se produce *poliploidia somatică*, constînd în multiplicarea garniturii cromozomice din celulele somatice. Prin urmare, apar unele părţi ale plantei cu structuri poliploide. Prin înmulţire vegetativă, din aceste părţi se pot obţine plante întregi poliploide.

În regnul animal, după cum s-a mai arătat, poliploidia, deşi există, este mult mai puţin răspîndită şi nu are un rol esenţial în evoluţia animalelor. În stare naturală poliploidia se cunoaşte la protozoare, viermi (unele oligochete), unele insecte (de pildă, coleoptere curculionide), amfibieni (de pildă, la *Triton viridescens* se întîlnesc populaţii în S.U.A. cu 1,8% indivizi triploizi, 0,28% pentaploizi).

Dificultatea apariţiei poliploizilor la animale provine de la mecanismul cromozomal al determinării sexului. Într-adevăr, o femelă normală are o garnitură dublă de autosomi ($2A$) şi doi cromozomi x — deci are formula cromozomică $2A+2x$, iar masculul $2A+1x$. Dacă se obţine un tetraploid, el va fi respectiv $4A+4x$ pentru femelă şi $4A+2x$ pentru mascul. Gameţii (cu garnitura redusă la jumătate) vor fi $2A+2x$ (ovule) şi $2A+1x$ (spermatozoizi), iar prin fecundaţie zigotul va fi $4A+3x$, deci cu echilibrul dintre autosomi şi cromozomii sexuali deranjat, anormal, ceea ce duce la apariţia unor descendenţi intersexuaţi şi sterili. De aceea, poliploidia la animale devine posibilă doar la formele herma-

frodite cu autofecundație (ceea ce-i destul de rar), sau la formele partenogenetice.

Fenomene foarte complexe de poliploidie se cunosc la protozoare. La unii radiolari (ordinul *Pheodaria*) poliploidia ajunge și chiar depășește 1 000 *n*. Legat de aceasta se produc însemnate și complexe schimbări în desfășurarea mitozelor. La infuzori, unde există doi nuclei — un macronucleu și un micronucleu —, în timp ce micronucleul poate fi tetra- sau hexaploid, macronucleul poate realiza poliploidia de 5 000 *n* *(Bursaria truncatella)* sau chiar 12 000 *n* *(Ichtyophthirius multifiliis)*. Gradul minim de poliploidie, întîlnit la infuzori de talie mică, este de 16 *n*. Important este faptul că gradul de poliploidie nu este corelat cu poziția sistematică a acestor animale.

Mutații extranucleare. În prezent este demonstrată prezența ADN și ARN și în alți constituenți celulari în afara cromozomilor. Astfel, *plastidele* din celula vegetală (cloroplaste — cînd conțin clorofilă, leucoplaste — cînd sînt lipsite de acest pigment), *mitocondriile, kinetosomii* conțin atît ARN cît și ADN. Se cunoaște, de asemenea, că cel puțin organitele amintite au capacitatea de autoreproducere prin diviziune. Este, deci, firesc să ne așteptăm ca ele să fie capabile să se și modifice prin modificarea (mutații) acizilor nucleici proprii. Cercetările făcute pe o serie de specii au arătat că, în adevăr, se pot produce asemenea modificări care devin ereditare.

Iată cîteva fapte: la multe plante se cunosc forme ce au frunze pătate (unele porțiuni sînt verzi, adică celulele lor conțin cloroplaste, alte porțiuni albe-gălbui și celulele lor conțin doar leucoplaste). Cercetări efectuate la *Pelargonium zonale* au arătat că fenomenul amintit este determinat de o mutație plastidică datorită căreia cloroplastele respective pierd capacitatea de a forma clorofila. S-a dovedit, de asemenea, că acest caracter se transmite mai ales pe linia maternă pentru că plastidele se transmit la generația următoare direct prin sacul embrionar. Din cauza dimensiunilor mari ale plastidelor, ele rareori pot trece prin tubul polinic și, din această cauză, caracterul respectiv rareori se poate transmite și pe linia paternă.

Studiul formelor cu frunze pătate de la porumb a scos la iveală și unele relații ale acestor mutații plastidice cu aparatul genetic nuclear. La porumb s-au putut demonstra existența unor gene nucleare (pe cromozomi), care controlează sinteza clorofilei. Mutații ale acestor gene pot duce la pierderea capacității de sinteză a clorofilei, ceea ce duce la apariția unor plante lipsite de clorofilă (indivizi albinoși), care mor odată cu epuizarea rezervelor nutritive din sămînță, fiind incapabile de fotosinteză. La plantele cu frunze pătate însă, capacitatea de sinteză a clorofilei este pierdută doar de către unele celule și aceasta datorită mutației plastidice. Prin urmare, sinteza clorofilei din plastide este controlată atît de gene nucleare cît și de aparatul genetic propriu al plastidelor. S-a putut apoi constata, la porumb și la menta *Nepeta,* că mutația plastidică poate fi indusă de către gena nucleară.

La drojdia de bere, la *Neurospora* și la alte microorganisme au fost descrise mutații care apar, indiscutabil, la nivelul mitocondriilor. Astfel, la drojdia de bere, a fost obținută (pe agar) o mutantă cu insuficiențe respiratorii, caracterizată prin dimensiuni foarte reduse în comparație

cu coloniile normale. Din această cauză, mutanta a fost denumită *„petite"*. O serie întreagă de fermenţi necesari în metabolismul energetic, printre care citocromoxidaza şi succindehidrogenaza, sînt inactivaţi la această mutantă. Încrucişarea mutantei „petite" cu drojdia normală nu duce la transmiterea ereditară a dimensiunilor reduse (caracter fenotipic). Aceasta arată că aparatul nuclear este normal. Mutaţia respectivă este legată de mitocondrii unde sînt localizaţi fermenţii respectivi. Studiul acestor organite la mutanta „petite" nu a scos la iveală vreo deosebire morfologică faţă de drojdia normală. Deoarece se ştie că o parte din fermenţii mitocondriali sînt controlaţi de sistemul genetic nuclear, se poate conchide că aparatul fermentativ al mitocondriilor este supus atît controlului genelor din cromozomi, cît şi al unor gene extracromozomale. Nu s-a demonstrat pînă în prezent că aceste gene sînt localizate în mitocondrii.

Kinetosomii sau corpusculii bazali, situaţi cîte unul la baza fiecărui flagel şi care sînt răspunzători de mişcările flagelilor, conţin, după cum s-a mai spus, atît ARN cît şi ADN. Numeroase date pledează în favoarea ideii că aceste organite sînt omologate cu centriolii (sau centrosomii). Kinetosomii sînt capabili de autoreproducere iar diferitele caractere ale lor par a fi independente de sistemul genetic nuclear. S-a constatat astfel că diferitele modificări ale kinetosomilor se transmit prin înmulţirea agamă a celulelor iar procesul sexual al infuzorilor, la care s-au făcut observaţiile, nu determină modificări ale kinetomului (totalitatea kinetosomilor). Mai mult, înlocuirea macronucleului indivizilor cu kinetosomi modificaţi, prin macronucleul indivizilor normali, nu are consecinţe asupra kinetomului.

3.4.2. RECOMBINĂRI GENETICE

Acest fenomen este legat de formarea gameţilor prin meioză. În cursul desfăşurării acestui proces, două fenomene sînt hotărîtoare pentru apariţia recombinărilor: repartizarea independentă a cromozomilor parentali între gameţi şi, deci, asocierea lor întîmplătoare în procesul fecundării, pe de o parte şi fenomenul crossing-over, pe de altă parte (fig. 41).

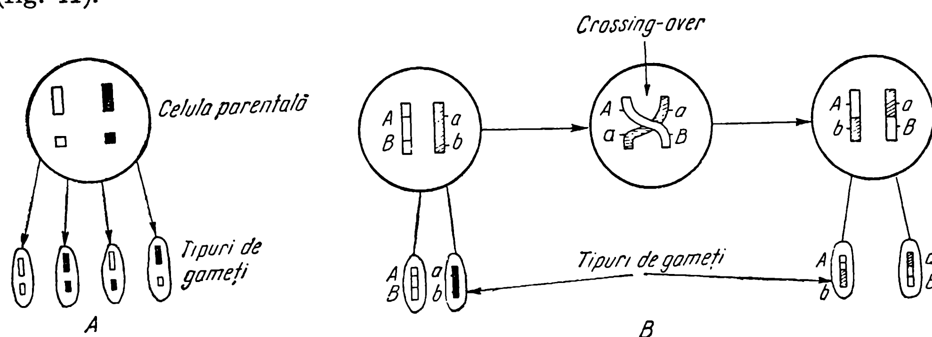


Fig. 41. Recombinarea genetică: aşezarea independentă a cromozomilor în gameţi (*A*) reprezintă o sursă a diversităţii gameţilor; „crossing-over"-ul (*B*) reprezintă o altă sursă a diversităţii genotipice.

Recombinările genetice nu determină schimbări ale genelor ci doar modificarea modului lor de grupare în genotipul dat.

Mecanismele de producere a recombinărilor genetice ne arată că acest proces reprezintă sursa esențială a diversității genotipilor. Într-adevăr, pornind de la exemplul schemei din figura 41 unde avem de-a face doar cu două gene și patru alele (*A* și *a*, *B* și *b*), numărul gameților diferiți este de $2^2=4$; dacă luăm în considerare 3 perechi de alele (din 3 gene), atunci numărul gameților diferiți va fi de $2^3=8$; generalizînd, dacă avem *n* perechi de alele (deci *n* gene), numărul gameților diferiți va fi de 2^n, deci se pot produce 2^n genotipi diferiți.

Fiecare populație naturală are un ridicat grad de heterozigoție (deci o proporție ridicată de perechi de alele). Studii recente arată, de pildă, că la *Drosophila pseudoobscura* heterozigoția afectează 12—15% din genele sale. Considerînd că un gamet al acestei insecte poate avea pe puțin 10 000 gene, înseamnă că orice individ este heterozigot pentru 1 200—1 500 gene. Dacă luăm o cifră mult mai modestă, de pildă admitem că heterozigoția afectează doar 50 de gene (deci sînt 50 perechi alele), înseamnă că se pot produce 2^{50} genotipi diferiți, ceea ce reprezintă o cifră uriașă, mult mai mare decît numărul indivizilor existenți la oricare specie. Aceasta înseamnă că numărul de combinații genetice posibile este mult mai mare decît cele ce se produc în realitate, iar șansele pentru a se putea repeta un același genotip sînt minime.

Apare evident că procesul recombinărilor genetice apare drept cea mai importantă sursă de variabilitate ereditară, care pune la dispoziția selecției un bogat material, mai ales dacă ținem seama de generalitatea procesului sexual. Este firesc ca din numărul uriaș de combinații posibile, unele să se dovedească a fi avantajoase din punct de vedere selectiv.

Față de cele spuse se impun, totuși, anumite rezerve, care trebuie menționate aici. Recombinarea liberă a genelor între indivizii unei populații se bazează pe ideea existenței panmixiei, adică a încrucișării libere și întîmplătoare dintre toți indivizii reproductivi ai populației. În realitate, acest fenomen nu se produce niciodată în această formă ideală. În calea panmixiei și, deci, a recombinării libere, apar o serie de obstacole din care menționăm pe cele mai importante: *a)* organizarea genelor pe cromozomi, deci însăși structura cromozomilor, care nu permite realizarea schimbului în orice porțiune a cromozomului și nici cu aceeași frecvență în diferitele puncte; *b)* distanțele care separă indivizii de pe teritoriul ocupat de o populație fac ca încrucișările să se producă mai ușor și, deci, mai frecvent între indivizii aflați în proximitate spațială decît între cei depărtați; *c)* existența demonstrată și experimental în unele cazuri a unei selectivități în încrucișări care limitează considerabil panmixia și, deci, recombinarea liberă.

În încheiere la problema recombinărilor trebuie subliniată legătura acestui proces cu cel al apariției mutațiilor. Dacă mutațiile prin ele însele, datorită rarității și caracterului lor în general dăunător, nu par a influența ritmul evoluției, ele îmbogățesc patrimoniul genetic al populației și, între altele, sporesc posibilitățile de producere a unor noi recombinări cu caracter adaptativ, care vor fi sesizate de selecție.

Prin urmare, atît mutațiile cît și recombinările își capătă deplina lor valoare doar în cadrul populațiilor și nu ca trăsături strict individuale.

3.4.3. MODIFICAȚII

Sînt variații fenotipice. Două trăsături esențiale sînt caracteristice modificațiilor: în primul rînd, fiind doar modificări fenotipice și neafectînd genotipul, ele *nu sînt ereditare;* în al doilea rînd, în marea majoritate a cazurilor, ele *au caracter adecvat* față de condițiile concrete ale mediului. Această din urmă trăsătură este de o mare importanță și reprezintă rezultatul autoreglării proceselor metabolice, în funcție de condițiile în care se dezvoltă organismul respectiv. Modificațiile reprezintă, deci, expresia fenotipică a genotipului, realizată în anumite condiții. Schimbarea condițiilor poate duce la schimbarea acestei expresii în anumite limite, care reprezintă norma de reacție a organismului impusă de genotipul său (fig. 42).

Nu insistăm mai mult asupra acestui fenomen deoarece s-a tratat problema mai înainte în acest capitol, unde au fost date și o serie de ilustrări ale lui.

Încă mai demult s-a constatat că există o categorie deosebită a modificațiilor, așa-numitele *modificații prelungite.*

S-a observat, de pildă, că la infuzori obișnuința prealabilă a unor specii cu prezența în mediu a unor substanțe toxice (de exemplu, arsenic), temperaturi mai ridicate, salinitate crescută etc. sporește rezistența organismelor la acești factori. În felul acesta, unii infuzori care la început mureau la concentrația 1,1% arsenic au ajuns să supraviețuiască la concentrații de 5%. Într-o experiență, clone de infuzori au fost ținute

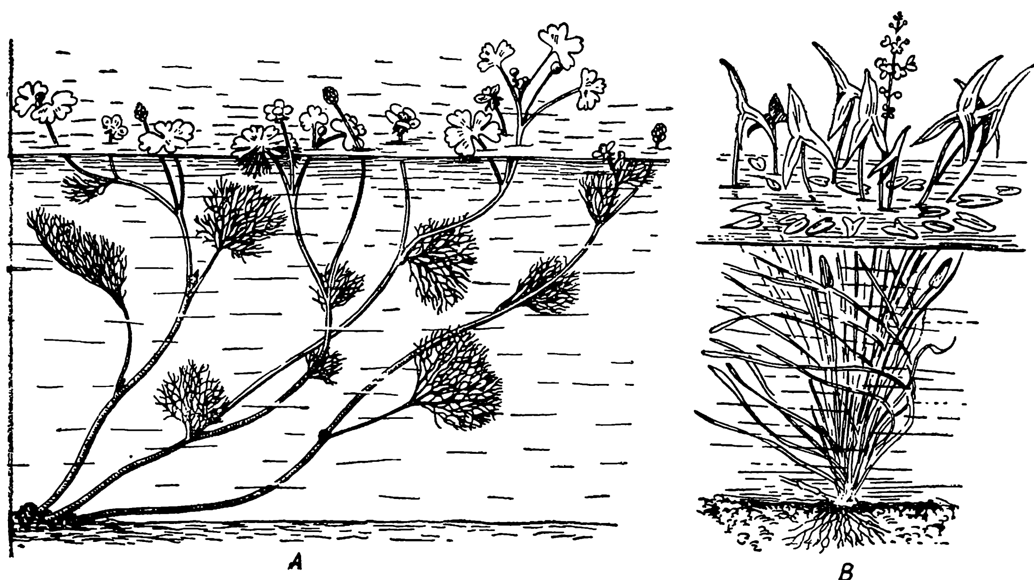


Fig. 42. Modificații: *A – Ranunculus aquatilis; B – Sagittaria sagittifolia.*

3—8 săptămîni la diferite temperaturi: 12—13°C, 18—20°C, 24—26°C. Apoi toate clonele au fost puse la aceeași temperatură de 40°C. S-a constatat că cel mai mult au rezistat (42 minute) animalele din clona ținută la 24—26°C, celelalte murind mult mai repede.

Aceste însușiri astfel dobîndite pot persista mai multe generații în cazul înmulțirii asexuate a organismelor, dispărînd treptat. Deci este un fenomen reversibil, dar de lungă durată.

Larve de *Drosophila melanogaster* crescute pe un mediu conținînd mentă au dat adulți care preferau să depună ouă pe acest mediu și nu pe unul normal.

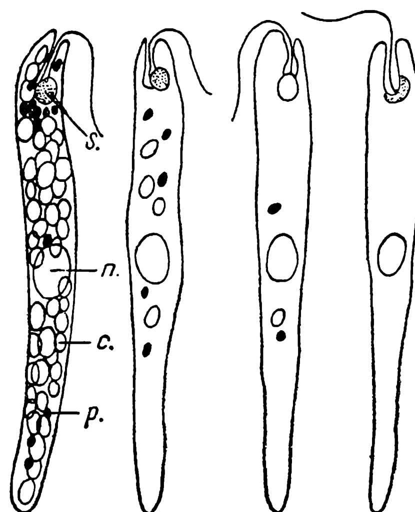


Fig. 43. Modificații prelungite la *Euglena mesnili*. Dispariția treptată a cloroplastelor (c) în culturi la întuneric:
s — stigma; *n* — nucleu; *p* — granule de paramilon (din L. Cuénot, 1951).

În unele cazuri se pare că asememenea modificări capătă caracter ireversibil. De pildă, la *Euglena mesnili*, care în mod normal are circa 60 cloroplaste, fiind cultivată în întuneric numărul cloroplastelor scade treptat, dispărînd complet după cîteva luni. Procesul pare ireversibil. La *Euglena gracilis* s-a constatat că dispar cloroplastele sub influența streptomicinei, chiar dacă alga este cultivată la lumină. Modificarea persistă apoi chiar în absența streptomicinei (fig. 43).

Cauza acestor fenomene nu este clarificată. Ele nu par a fi de natură genotipică. De pildă, drojdia de bere care în mod normal se hrănește cu glucoză se poate adapta repede la nutriția cu galactoză. Cînd în mediu lipsește glucoza și apare galactoza, la început încetează înmulțirea ciupercii, dar după cîteva ore ea începe să utilizeze galactoza modificîndu-și, deci, mecanismul glicolitic. Această transformare nu pare a fi genotipică ci fenotipică, deci nu se datorează unei selecții a unor mutații preexistente. Dacă în mediu se adaugă glucoză, ciuperca trece din nou la utilizarea glucozei și nu mai descompune galactoza.

Natura genotipică a acestor schimbări este și dificil de admis. Pe de o parte (în cazurile cînd modificațiile respective deși se mențin mai multe generații totuși dispar), aceste schimbări ar trebui să fie ereditare și să persiste nedefinit dacă s-ar datora mutațiilor. Pe de altă parte, în cazurile cînd ele apar ca ireversibile, ar trebui admisă apariția concomitentă a unui număr mai mare de mutații. De pildă, cloroplastele sînt controlate de un număr mare de gene (vezi mai departe în acest capitol). O asemenea ipoteză este greu de admis, dată fiind raritatea mutațiilor.

Asemenea fenomene nu și-au găsit pînă în prezent o explicație satisfăcătoare. Ele ridică din nou vechea problemă a *eredității caracterelor dobîndite*. Această ipoteză lamarckiană este astăzi respinsă total și categoric aproape de toți biologii. Într-adevăr, în sprijinul ei nu există date experimentale convingătoare, iar mecanismele eredității cunoscute

pînă în prezent nu înlesnesc găsirea unei explicații științifice a unui asemenea fenomen. Cu toate acestea unii biologi actuali consideră posibilă și această formă a eredității, cel puțin la unele grupe de organisme. La animale (mai ales la cele evoluate) modificațiile dobîndite nu se pot moșteni deoarece celulele germinale se separă foarte de timpuriu în dezvoltarea ontogenetică. La bacterii și alte microorganisme, precum și la plantele superioare această separare nu are loc, de aceea se consideră de către unii geneticieni competenți (de exemplu, L. Stebbins) că la asemenea organisme nu este exclusă posibilitatea fixării ereditare a modificațiilor dobîndite.

Posibilitatea transmiterii ereditare a caracterelor dobîndite de fenotip în cursul ontogenezei, discutată de aproape două secole, a suscitat numeroase obiecții și a fost și este atît de criticată încît se consideră nepotrivită însăși amintirea ei într-o carte modernă de biologie. Cu toate acestea, nu putem să nu menționăm aici o categorie de fapte pe care cunoscutul biolog francez L. Cuénot, în ultima sa carte privind evoluția (1956), le-a reunit sub titlul semnificativ de „incertitudini". Vom aminti unele: la destul de multe animale există calozități pe acele părți ale corpului care vin în contact direct și frecvent cu un substrat tare, aspru. Asemenea formațiuni se cunosc la struți, dromader, capre, phacocer, maimuțe etc. Este evident că aceste formațiuni au apărut *după* contactul părților respective ale animalului cu substratul, așa după cum apar de pildă bătăturile. Calozitățile sînt corelate cu existența unor instincte și comportamente ale animalelor.

Important pentru problema discutată este faptul apariției calozităților la animale în cursul ontogeniei *înainte* de stabilirea contactului cu substratul: la păsări, înainte de ecloziune, la fetuși de mamifere, ceea ce arată că ele au devenit ereditare.

Cum se pot explica aceste fapte? Interpretarea lamarckistă ar consta în aceea că aceste formațiuni au apărut datorită exersării, datorită contactului unor anumite porțiuni ale corpului cu substratul, odată cu stabilirea treptată, în decursul generațiilor, a unor anumite obiceiuri ale animalelor respective. Treptat, acest caracter a devenit ereditar. Această interpretare în general este respinsă. O altă explicație, oferită de Baldwin, admite că într-adevăr calozitățile au apărut prin exersarea părților respective, deci ca simple modificații fenotipice. Independent de ele, în mod întîmplător au apărut mutații care au dat același efect — calozități în locul respectiv. Această „evoluție coincidentă" pare la fel de neverosimilă, deși este îndeobște acceptată.

O dificultate asemănătoare o ridică explicarea deformării și, totodată, adaptării foarte specializate a abdomenului pagurilor la adăpostirea lui în cochilii spiralate ale unor gasteropode. Pagurii primitivi aveau corpul drept și simetric, cum îl au toți ceilalți crustacei. În prezent, trăind în cochilii de gasteropode, corpul lor a devenit asimetric, răsucit, moale. Acest caracter *dobîndit* este astăzi ereditar: în cursul metamorfozei lor pagurii dobîndesc structura asimetrică, independent de prezența cochiliei în care se vor adăposti; ereditar este și instinctul de căutare al cochiliei.

Cuénot arată că sînt două soluții posibile pentru a explica acest fenomen. Prima ar consta în admiterea faptului că pagurii, inițial simetrici, au adoptat cochilia de gasteropode ca adăpost și apoi, treptat, abdo-

menul lor s-a deformat iar deformarea, ca şi obiceiul dobîndit, au devenit ereditare. A doua soluţie ar presupune că printre pagurii simetrici au apărut monştri cu abdomenul moale şi asimetric, cu tendinţe de rulare. Ei s-au salvat pentru că întîmplător au avut instinctul de a se ascunde în cochilii goale de gasteropode.

În cazul însă în care se adoptă prima soluţie (lamarckistă), ca şi în cazul calozităţilor trebuie găsită explicaţia modului cum a putut să devină ereditară deformarea dobîndită. Nimic din ce cunoaştem astăzi nu permite o asemenea explicare.

3.5. SEMNIFICAŢIA EVOLUTIVĂ A VARIAŢIILOR INDIVIDUALE

La începutul acestui capitol s-a arătat că variaţiile individuale, de toate categoriile, reprezintă materialul brut, „cărămizile" din care se construieşte evoluţia adaptativă a speciilor. De aceea este important să examinăm modul în care diferitele categorii de variaţii participă la procesul evoluţiei, cu alte cuvinte semnificaţia lor evolutivă. Vom începe cu examinarea rolului evolutiv al mutaţiilor, deoarece ele sînt cele mai importante.

3.5.1. SEMNIFICAŢIA EVOLUTIVĂ A MUTAŢIILOR

Mutaţiile, mai ales cele genice, fiind considerate drept cea mai importantă sursă a materialului evolutiv asupra căruia acţionează selecţia, frecvenţa şi utilitatea lor prezintă un interes pe deplin justificat.

Într-adevăr, dacă frecvenţa variaţiilor este prea redusă, atunci ele cu greu ar oferi un material necesar desfăşurării evoluţiei într-un timp deşi lung, totuşi limitat. Pentru a oferi un asemenea material variaţiile nu numai că trebuie să aibă o anumită frecvenţă dar şi un anumit grad de utilitate pentru evoluţia speciilor. Din această cauză, asupra acestor probleme s-a concentrat atenţia a numeroşi biologi.

Frecvenţa mutaţiilor a fost studiată pînă în prezent la destul de multe organisme vegetale şi animale, inferioare şi superioare. Ea se exprimă de obicei prin numărul gameţilor (sau indivizilor) unei generaţii, purtători ai mutaţiei date, faţă de numărul total de gameţi (sau indivizi).

Atît cercetările experimentale, cît şi studiul populaţiilor naturale arată că mutaţiile reprezintă un fenomen destul de rar. Iată, de pildă, frecvenţa unor mutaţii naturale stabilite la unele gene de la *E. coli:*

— gene de rezistenţă la fag T.1.	1,1	mutaţii la 10^9 indivizi
— gene de necesitate a leucinei	0,075	mutaţii la 10^9 indivizi
— gene de necesitate a histidinei	0,35	mutaţii la 10^9 indivizi
— gene de necesitate a lizinei	5,0	mutaţii la 10^9 indivizi
— gene de necesitate a histidinei . . . . . (altă linie)	37,1	mutaţii la 10^9 indivizi

Se acceptă în general că la bacterii rata medie a mutaţiilor spontane este de aproximativ $3 \cdot 10^{-6}$.

La alga *Chlamydomonas* gena responsabilă de sensibilitate la streptomicină suferă mutaţii cu rata de 10^{-6}, dînd forme rezistente.

La porumb, rata mutagenezei la genele *Pr* și *Sh* este de 10^{-6}, la gena *Su* de 10^{-5}. La *Drosophila* s-a stabilit că proporția de gameți mutanți dintr-o generație, pentru unele gene, este cuprinsă între $3 \cdot 10^{-5}$—$15 \cdot 10^{-5}$. La om, pentru apariția albinoșilor, această proporție este $3 \cdot 10^{-5}$, iar pentru apariția hemofiliei de $2 \cdot 10^{-5}$.

Aceasta se referă la posibilitatea apariției mutației la o genă dată. Dacă ținem seama de numărul de gene ale unui organism, atunci se apreciază că la *Drosophila* pînă la 25% din gameții fiecărei generații sînt purtători ai unei mutații noi. La om, frecvența mutațiilor este de 10—40%.

Aceste cifre, ca și numeroase alte date, arată că mutația unei gene anume este un fenomen foarte rar. S-a constatat că frecvența mutațiilor este caracteristică și diferită de la o genă la alta. Unele gene sînt mai stabile, altele se modifică mai ușor. De pildă, la porumb, gena *R* — reprezentînd unul din factorii care determină culoarea aleuronei — dă 492 mutații la 1 000 000 gameți, pe cînd gena *J*, care controlează culoarea galbenă a endospermului, dă 2,2 mutații la 1 000 000 gameți.

Pornind de la datele cercetării pe cele mai diferite grupe de organisme, se admite că în general frecvența mutațiilor unei gene date variază cam între 10^{-4} și 10^{-8}.

Deci, după cum se vede, mutația unei anumite gene este un fenomen rar, dar în fiecare genotip intrînd un mare număr de gene cantitatea generală de mutații poate ajunge la valori destul de mari. De pildă, se consideră că la *Drosophila* apare cam 1 mutație la 100 gameți dintr-o generație.

Aceasta arată că o proporție destul de ridicată (pînă la zeci de procente) de indivizi din populație sînt purtători ai unor mutații nou apărute, care aduc mereu schimbări în frecvența diferitelor gene în populație. Acest fenomen al schimbării raportului dintre mutații noi față de cele existente anterior a căpătat denumirea de *presiune a mutațiilor* (sau *presiune mutațională*).

Ținînd seama de acest proces, ca și de cifrele privind frecvența mutațiilor, și dacă adăugăm la aceasta efectele recombinărilor genetice, apare evident faptul că populațiile naturale sînt practic saturate de variații ereditare.

Pe cale experimentală, utilizînd diferiți factori fizici (raze X, raze γ, neutroni, temperatura etc.) sau chimici, frecvența apariției mutațiilor poate fi sporită, uneori pînă la 1 000 ori. Aceste procedee sînt astăzi larg utilizate fie în scopul cercetării experimentale a mutațiilor, fie în scopuri practice, pentru obținere de noi plante sau animale utile omului. Numeroase rezultate practice obținute atestă valoarea și eficiența acestei metode.

Care este utilitatea mutațiilor pentru procesul evoluției?

În primul rînd trebuie subliniat *caracterul întîmplător al mutațiilor*. Aceasta înseamnă că *nu există un raport necesar de adecvare, de potrivire între mutație (calitatea, sensul ei) și calitatea condițiilor de existență ale organismului respectiv*. Acest fapt este dovedit experimental. De pildă, la bacterii, apariția unor tulpini rezistente la antibiotice se produce prin mutații întîmplătoare. Printr-o experiență clasică se poate demonstra acest lucru: cultura *A* de bacterii, conținînd mai multe colonii, crește pe

un mediu normal. Printr-un procedeu ingenios şi simplu[1] această cultură este dublată, copia ei fiind reprodusă pe un mediu normal la care s-a adăugat streptomicina. Se constată că toate coloniile pier pe mediul cu streptomicină, cu excepţia a 1—2 colonii care continuă să se dezvolte. S-ar putea presupune (cum s-a şi presupus multă vreme) că la aceste colonii s-au produs mutaţii care le-au conferit rezistenţă şi că acest fenomen s-a produs sub influenţa streptomicinei. Acest argument a fost însă înlăturat, astfel: se face un pasaj din copia iniţială (de pe mediul normal) a coloniilor rezistente pe un mediu cu streptomicină, coloniile continuînd să se dezvolte. Dacă un asemenea pasaj se face cu alte colonii din cultura iniţială, aceste colonii pier. Deci mutaţia a existat de la început, ea a apărut pe mediul de cultură normal, fără nici o legătură cu prezenţa streptomicinei.

Experienţa arată că *întîmplător* o mutaţie poate deveni utilă pentru organismul respectiv.

Cercetările experimentale cu inducerea artificială a mutaţiilor au arătat că aproximativ o mutaţie dintr-o mie se poate dovedi utilă. Dacă această proporţie se păstrează şi în condiţii naturale, rezultă că mutaţiile utile reprezintă un fenomen extrem de rar, cu totul excepţional, mai ales dacă ţinem seama şi de complexitatea şi, totodată, de mobilitatea condiţiilor de existenţă naturale. Mulţi cercetători consideră chiar că apariţia mutaţiilor utile este cu totul improbabilă.

Fiecare populaţie sau specie dată este rezultatul unei îndelungate evoluţii desfăşurată sub controlul permanent şi sever al selecţiei, astfel încît reprezintă un grad înalt de adaptare la condiţiile sale concrete de existenţă. Este firesc deci că mutaţiile, fiind întîmplătoare, vor avea de cele mai multe ori efecte dăunătoare, în privinţa diferitelor însuşiri (viabilitate, vigoare, dezvoltare), ducînd pînă la urmă la scăderea potenţialului reproductiv. Toate cercetările de pînă în prezent arată că într-adevăr majoritatea covîrşitoare a mutaţiilor fie în stare homozigotă, fie în cea heterozigotă au efecte dăunătoare, ducînd pînă la sfîrşit la scăderea potenţialului reproductiv — rezultat al funcţionării întregului genotip. Un genetician a făcut următoarea comparaţie sugestivă: genotipul poate fi asemănat cu o uzină de automobile, fenotipul în acest caz va fi reprezentat prin automobil iar mediul extern prin sursele de materii prime. Probabilitatea ca o mutaţie genetică nou apărută să ducă la creşterea potenţialului de înmulţire este tot atît de mică ca şi probabilitatea ca o modificare locală şi întîmplătoare produsă în uzină să aibă drept efect ameliorarea automobilelor produse.

În această situaţie problema semnificaţiei evolutive a frecvenţei şi a calităţii mutaţiilor apare ca deosebit de complexă şi importantă.

Datele existente în prezent privind *frecvenţa variaţiilor* şi *ritmul evoluţiei* la diferitele grupe de vieţuitoare arată că între aceste două procese nu există un raport direct. Dealtfel, cunoscînd caracterul dăunător al majorităţii mutaţiilor, nici nu am putea să ne aşteptăm la existenţa unei dependenţe directe între ritmul evoluţiei şi frecvenţa mutaţiilor. Prezentăm unele date sugestive în această privinţă. Drosofilele se cunosc

---

[1] Prin apăsarea unei bucăţi de catifea pe cultura iniţială şi apoi pe mediul de cultură cu antibiotic.

din eocen. După cum s-a arătat mai înainte, frecvența variațiilor la acest grup de insecte este destul de ridicată. Ritmul de înmulțire, durata mică a generațiilor (și, deci, numărul lor foarte mare) ar pleda toate pentru un ritm foarte viu al evoluției, ceea ce însă nu corespunde realității: drosofilele actuale sînt uimitor de asemănătoare cu cele din eocen. În același timp, grupul mamiferelor mari, superioare, avînd un ritm de înmulțire lent, durata mare a unei generații, număr relativ mic al indivizilor, a evoluat foarte repede. Este suficient să ne gîndim, de pildă, la evoluția rapidă a grupului cailor, începînd din eocen, la cea a elefanților, la grupul primatelor din care a apărut și omul, toate reprezentînd salturi remarcabile în evoluția vieții.

O altă comparație, de data aceasta între grupuri mai înrudite, duce la aceeași constatare. Unele grupuri ale vertebratelor actuale sînt foarte vechi, nu mai puțin variabile decît alte grupuri actuale înrudite și, totuși, au evoluat mult mai încet decît acestea. De pildă, crocodilii actuali sînt puțin deosebiți de cei din cretacic, opossum se cunoaște din cretacicul superior, tatú, din paleocenul superior, tapirii se cunosc din oligocen. Evoluția acestor forme s-a desfășurat extrem de lent în comparație cu grupuri înrudite, respectiv șopîrle, canguri, leneși, cai, deși în privința variabilității nu se poate constata o deosebire semnificativă.

Din aceste fapte se poate deduce că ritmul evoluției diferitelor specii nu este determinat de frecvența variațiilor. Prin urmare, mutațiile sînt rare, în cea mai mare măsură dăunătoare, iar frecvența lor nu are o legătură directă cu ritmul evoluției.

Care este în acest caz rolul mutațiilor? De ce totuși ele sînt considerate de mulți biologi ca bază a schimbărilor evolutive?

Problema trebuie privită sub mai multe aspecte:

În primul rînd, trebuie ținut seama de faptul că utilitatea mutațiilor trebuie raportată la condițiile concrete de existență. O mutație dăunătoare în anumite condiții se poate dovedi utilă în altele. De pildă, mutațiile care determină rudimentizarea aripilor la unele insecte (se cunosc la drosofile și la numeroase alte insecte), în condiții obișnuite ducînd la scăderea mobilității animalelor, sînt dăunătoare și sînt eliminate. Dar dacă se produc, de pildă, la insecte ce populează micile insule oceanice, vîrfuri de munți, deci locuri expuse la acțiunea puternică și frecventă a vîntului, ele se pot dovedi utile: în asemenea condiții zborul poate deveni periculos deoarece organismele respective pot fi duse de vînt; deci, în asemenea condiții, pierderea capacității de zbor prezintă un avantaj selectiv, permițînd supraviețuirea speciilor în aceste locuri.

De asemenea, apariția unor noi factori în viața speciei poate să scoată în evidență rolul pozitiv al unor mutații care, în lipsa acestor factori, sînt inutile sau chiar scad capacitatea de supraviețuire.

Exemplul analizat anterior privind dobîndirea rezistenței unor bacterii la streptomicină este edificator. În același sens, putem cita un alt fapt recent stabilit. Mucegaiul *Botrytis cinerea* producea mari pagube viticulturii. Începînd din 1970 el a fost combătut cu succes cu ajutorul preparatului BCM (benzimidazol). Dar după numai trei ani de aplicare a tratamentului pagubele au reapărut, deoarece mucegaiul a devenit rezistent la BCM. Cercetările au arătat că la diferite tulpini frecvența

sporilor rezistenţi (deci purtători ai mutaţiei ce conferă rezistenţă) variază între 0,3 şi 1,52‰.

Aceeaşi semnificaţie au mutaţiile care conferă rezistenţa diferitelor insecte la acţiunea insecticidelor. De pildă, utilizarea DDT la început s-a dovedit a fi foarte eficientă în distrugerea păduchilor (în stăvilirea epidemiilor de tifos exantematic în diferitele regiuni ale globului), în distrugerea muştelor (stăvilirea diferitelor dizenterii), a ţînţarului (stăvilirea malariei). Dar în ultimii 10—20 de ani aceste insecte, în cele mai multe regiuni, au devenit rezistente la DDT şi alte insecticide. De pildă, numai la genul *Anopheles* în 1956 erau doar 5 specii rezistente la DDT, pentru ca în 1960 numărul lor să crească la 28.

Mecanismele descrise (apariţia mutaţiilor şi a recombinărilor genetice), dacă ar funcţiona nestingherit, ar duce la o variabilitate practic nelimitată, dezordonată, care ar periclita existenţa oricărei populaţii sau specii. Această instabilitate potenţială este stăvilită printr-o serie de alte mecanisme — de nivel individual, populaţional şi biocenotic, care pe de o parte limitează cantitatea variaţiilor posibile, iar pe de alta neutralizează, într-o însemnată măsură, fixarea, răspîndirea şi manifestarea variaţiilor dăunătoare. Aceste două tendinţe contradictorii (de instabilitate şi de stabilitate) se echilibrează permanent prin *acţiunea selecţiei,* făcînd ca în populaţie să se menţină un anumit nivel al variabilităţii, cît mai aproape de valoarea optimă, adică acea valoare care să asigure plasticitatea adaptativă pe de o parte şi stabilitatea relativă pe de alta.

Care sînt mecanismele care stăvilesc variabilitatea nelimitată?

La nivel individual funcţionează mai multe asemenea mecanisme, dintre care menţionăm *diviziunea mitotică* a celulelor, prin care se elimină sursele recombinărilor genetice din meioză; însăşi structura cromozomilor în care fenomenele de *linkaj* (grupuri de gene legate şi care se transmit în bloc) sau de *inversiune cromozomală* împiedică producerea recombinărilor în porţiunile date.

La nivel populaţional, de asemenea, funcţionează diferite mecanisme cu rolul de limitare a variabilităţii. Astfel, după cum s-a arătat mai înainte, *panmixia* niciodată nu este totală, iar limitarea ei prin diferite modalităţi (spaţial, prin selectivitatea încrucişărilor etc.) determină, totodată, limitarea răspîndirii unor variaţii în populaţii. Cel mai important mecanism de neutralizare a efectului dăunător al variaţiilor ereditare îl reprezintă *procesul sexual.*

Noile mutaţii apărute sînt, de regulă, recesive, ceea ce nu permite manifestarea lor în fenotip, decît cînd ajung în stare homozigotă (cînd afectează ambele gene omoloage). Dacă mutaţia este dăunătoare, ajunsă în stare homozigotă este eliminată în procesul selecţiei. În stare recesivă, mutaţiile se pot acumula în populaţie creînd o înaltă stare de heterozigoţie a populaţiei şi a indivizilor ei, determinînd fenomene de heterozis, deci de vigoare şi plasticitate sporită a heterozigoţilor. (Mecanismele de acumulare sau eliminare sînt descrise în capitolul privitor la populaţie).

La nivel biocenotic, factorii *biologici* ca şi cei *abiotici* influenţează sensul, formele şi intensitatea selecţiei, controlînd permanent echilibrul dintre instabilitate şi stabilitate a populaţiilor şi orientîndu-l în sensul cel mai potrivit pentru menţinerea populaţiei date în ecosistemul concret în care îşi desfăşoară activitatea.

Caracterul întîmplător (probabilistic) al mutațiilor ridică problema dificilă a explicării acțiunii *coordonate* a genelor (deci și a coordonării mutațiilor) pentru elaborarea adaptărilor.

Cele mai multe adaptări au un caracter complex. El rezultă din necesitatea îmbinării mai multor factori: complexitatea și, totodată, mobilitatea (schimbarea) mediului abiotic și biologic, necesitatea coordonării modificărilor funcționale și structurale ale fiecărui organism în așa fel încît să permită păstrarea integralității sale, a dezvoltării și reproducerii, coordonarea și controlul relațiilor dintre gene (genotip în general) și caracterele fenotipice respective, aceste relații, după cum s-a văzut, fiind la rîndul lor indirecte și complexe.

Aceste aspecte arată că o mutație oarecare, avînd în mod obișnuit efecte mai mult sau mai puțin dăunătoare, spre a putea totuși participa la procesul evoluției trebuie îmbinată cu alte mutații care să-i poată contracara efectele dăunătoare și să poată permite dezvoltarea celor utile. Un asemenea efect util apare în mod necesar ca rezultat al acțiunii combinate și coordonate, controlate, a unui număr mare de mutații. S-a constatat că pentru dezvoltarea chiar a celor mai elementare structuri a unor organite celulare este necesară acțiunea combinată a unui mare număr de mutații. De pildă, cloroplastele plantelor superioare, deși au dimensiuni doar de cîtiva (5—8) microni, au o structură și dezvoltare complexă. Pentru constituirea acestor organite, se consideră că, de exemplu la orz, intervin 250—300 loci (gene) care afectează diferitele trăsături structurale și diferite momente ale dezvoltării, ce se succed într-o ordine riguroasă, coordonată. Constituirea flagelului la *Chlamydomonas* constă într-o secvență de procese controlate de cel puțin 12 gene diferite.

În alte cazuri, procesele apar și mai complexe. De pildă, schimbarea regimului alimentar al unui animal (de la ierbivor la carnivor, trecerea la parazitism etc.) implică un mare număr de modificări funcționale și structurale strict coordonate, deci presupune acțiunea coordonată a unui mare număr de enzime și, deci, de gene. Formarea unui organ de simț, ca de pildă a ochiului, de asemenea presupune o acțiune coordonată a unui mare număr de factori ereditari.

Este evident că asemenea acțiuni coordonate a unui mare număr de gene nu se pot explica prin apariția întîmplătoare a unor mutații în genotipul unui individ. Se consideră că ele devin posibile prin apariția recombinărilor genetice, *în cadrul populațiilor*, în cursul evoluției istorice (în succesiunea generațiilor) a acestora sub controlul permanent al selecției.

O parte din mutațiile dăunătoare (cele ce ajung în stare homozigotă) sînt treptat eliminate din populație prin acțiunea selecției. Aceasta face ca în decursul evoluției populației, în genotipul ei, să se acumuleze și să se concentreze mai ales mutații cu efecte pozitive care, în condiții potrivite, prin recombinare intrapopulațională, pot duce la elaborarea caracterelor adaptative (vezi și capitolul privitor la populații).

În concluzie la problema privind rolul mutațiilor, putem spune că dacă ele, prin raritatea, caracterul întîmplător și de obicei dăunător al lor nu pot da efecte imediate utile populației, în schimb, prin acumula-

rea lor în genotipul populațiilor, reprezintă rezerva „strategică" a populației, care îi permite să facă față schimbărilor ce intervin în mersul complex al evoluției.

3.5.2. SEMNIFICAȚIA EVOLUTIVĂ A MODIFICAȚIILOR

Activitatea concretă a organismelor în mediul lor de viață abiotic și biologic se desfășoară prin însușirile, caracterele fenotipului lor. După cum s-a arătat mai înainte în acest capitol, modificațiile sînt variații fenotipice produse sub influența diferiților factori chimici, fizici și biologici ai mediului. Ele au de obicei caracter adecvat, permițînd supraviețuirea organismului în condiții date. Amplitudinea în cadrul căreia se pot produce modificațiile este determinată genotipic. În cadrul acestei norme de reacție modificările întîmplătoare ale genotipului pot căpăta expresii fenotipice adecvate datorită mecanismelor de reglaj metabolic al organismului, corelat cu condițiile concrete ale existenței sale. Prin urmare, modificațiile au un rol hotărîtor în realizarea posibilităților de supraviețuire a organismelor, de reproducere a lor. De aceea rolul lor evolutiv nu poate fi neglijat.

Selecția naturală (rezultat al corelațiilor cu mediul în toată complexitatea lui), lucrînd asupra populațiilor, acționează prin indivizii acestora, „apreciindu-i" după *caracterele fenotipice*. Organismele care, datorită trăsăturilor lor fenotipice, se vor dovedi necorespunzătoare pentru populație în condițiile date, vor fi eliminate. Posesorii modificațiilor corespunzătoare supraviețuirii populației vor supraviețui. Dar, în acest proces, selecția exercitată asupra fenotipurilor se va reflecta asupra structurii genotipice: se vor păstra și-și vor aduce aportul în populație acei genotipi care dau naștere fenotipilor celor mai potriviți. În felul acesta se produce un circuit cu autocontrol reciproc, genotipul controlează între anumite limite însușirile fenotipului, iar selecția, prin fenotip, controlează structura genotipului, în raport cu necesitățile populației.

*

Dacă în încheiere am încerca să facem o comparație între rolurile îndeplinite în procesul evoluției de cele trei categorii de variații, atunci am putea spune că mutațiile, fenomene prea rare pentru a avea importanță imediată în evoluție, acumulîndu-se treptat în decursul generațiilor, îmbogățesc patrimoniul genetic al populației și-i asigură plasticitatea de perspectivă. *Mutațiile*, putem spune, reprezintă *materia primă „strategică", de perspectivă lungă a populației.*

Recombinările genetice, datorită procesului sexual și meiozei, *reprezintă mecanismul prin care mutațiile* — fenomene strict individuale — *se transformă în însușiri colective, ale populației* și asigură plasticitatea ei în perspectivă imediată.

Folosind același limbaj, putem spune că *modificațiile reprezintă mijlocul „tactic" prin care fiecare individ poate face față condițiilor concrete de existență și modificărilor de moment ale acestora.*

Desigur cele trei categorii de variații — trei categorii de comportamente — privite ca fenomene populaționale sînt interconexate și se condiționează reciproc. Mutațiile oferă materialul pentru recombinări și, împreună cu acestea, determină capacitatea modificațională (norma de reacție) individuală și, totodată, plasticitatea genotipică a întregii populații. Modificațiile, la rîndul lor, prin „aprecierea" lor de către selecție, în cadrul populațiilor, „decid" asupra valorii selective a genotipurilor și, deci, a componenței genotipice a populației.

CAPITOLUL 4

RELAȚIILE CU MEDIUL

Generalități. Examinarea relațiilor dintre organisme, populații și condițiile mediului lor de existență, abiotice și biologice, prezintă o importanță esențială pentru înțelegerea procesului evoluției. Rezultatul acestor relații este selecția naturală, deci însăși procesul transformării adaptative a populațiilor și a speciilor. Ch. Darwin cuprindea totalitatea acestor relații în noțiunea de „luptă pentru existență". El utiliza acest termen în sens metaforic, cuprinzînd în el, de fapt, totalitatea relațiilor organismelor cu mediul. Deoarece folosirea frecventă a expresiei de luptă pentru existență sugerează o înțelegere unilaterală a proceselor care în realitate au o mare complexitate, noi vom folosi termenul general de „relații cu mediul", ca fiind mai potrivit și reflectînd mai bine realitatea.

Factorii mediului cu care un organism se află în interacțiune pot fi de două categorii:

a) în primul rînd sînt *factorii mediului abiotic* — mecanici, fizici, chimici —, care pot influența direct un organism și care adesea condiționează modul de desfășurare al activității și dezvoltării lui sau chiar existența lui;

b) o altă categorie o reprezintă *factorii biologici,* reprezentați prin alte organisme. În această categorie deosebim două feluri de interacțiuni: pe de o parte sînt interacțiunile cu alte organisme ale aceleiași populații (deci ale aceleiași specii), care pentru organismul dat reprezintă factori ai mediului. Acestea sînt relații *intraspecifice.* Ele pot îmbrăca forme foarte variate dar au o semnificație comună, sînt în mod obișnuit, în efectul lor final, utile speciei sau populației date. Pe de altă parte sînt relațiile *interspecifice,* deci relații ale organismului dat sau a populației date cu organisme sau populații aparținînd altor specii.

Deoarece relațiile intraspecifice fac parte integrantă din trăsăturile caracteristice speciei și populației, ele vor fi examinate la capitolul respectiv.

Aici ne vom opri doar asupra relațiilor cu mediul abiotic și a relațiilor interspecifice.

De subliniat că separarea diferitelor categorii de interacțiuni este artificială și impusă de necesitatea unei expuneri metodice. În realitate, factorii mediului, de toate categoriile, acționează concomitent și combinat, ei se condiționează reciproc în multiple feluri.

Toate categoriile de relații se desfășoară în cadrul ecosistemelor, de aceea înainte de a trece la analiza celor două categorii de relații (cu me-

diul abiotic şi a relaţiilor interspecifice) vom prezenta, succint, trăsăturile esenţiale, structurale şi funcţionale, ale ecosistemului.

Ecosistemul este unitatea ecologică funcţională alcătuită din biotop ocupat de o biocenoză.

Organizarea unui ecosistem permite să distingem o serie de trăsături structurale şi funcţionale ale lui.

Structura[1] **ecosistemului.** Este reprezentată pe de o parte prin structura biotopului, iar pe de altă parte prin aceea a biocenozei.

Structura biotopului. Cuprinde calitatea, cantitatea, distribuţia în spaţiu şi dinamica în timp a elementelor abiotice: substanţe nutritive, apa, lumina, temperatura, gaze, *p*H, presiune, curenţi, radiaţii, felul substratului etc., de asemenea substanţele biologic active (substanţe *ectocrine*) reprezentînd produse eliminate (secreţii, excreţii) de alte organisme şi care pot avea influenţă pozitivă sau negativă asupra existenţei unor specii; tot în această categorie intră substanţele organice rezultate din descompunerea altor organisme. În analiza structurii biotopului trebuie inclusă şi interacţiunea dintre aceşti factori abiotici.

Structura biocenozei. Constă în: componenţa speciilor care o alcătuiesc, biomasa fiecărei specii, ciclurile vitale, structura şi distribuţia populaţiilor, raporturile dintre cele trei categorii de specii: producători, consumatori şi reducători; de asemenea, ca element al structurii biocenozei, este dinamica acestor trăsături în timp precum şi interacţiunea între factorii biocenozei pe de o parte şi între biocenoză şi biotop pe de alta.

Funcţiile ecosistemului. Din interacţiunea componentelor biologice şi abiotice ale ecosistemului, energia solară şi substanţele anorganice nutritive (factori ai biotopului) sînt antrenate în circuitul biologic şi transformate în substanţele organice ce intră în alcătuirea organismelor vii. De aceea, ecosistemul trebuie considerat ca o *unitate producătoare* de substanţă organică, materializată în organismele ce populează biotopul dat.

Din punct de vedere funcţional toate speciile unei biocenoze se împart în 3 categorii, fiecare îndeplinind o anumită funcţie şi neputînd exista de sine stătător vreme îndelungată. În primul rînd sînt organismele *producătoare* de substanţă organică, reprezentate prin plantele verzi care, utilizînd energia solară, deci exterioară sistemului şi substanţele minerale sintetizează substanţă organică primară. Aceasta este *producţia primară* a ecosistemului, pe seama căreia există celelalte două categorii de organisme. Una din acestea este reprezentată prin organisme *consumatoare,* în esenţă toate animalele din biocenoză. În dependenţă de felul hranei, se pot distinge consumatori primari (ierbivori), secundari, terţiari (sau de ordinul I, ordinul II, ordinul III etc.). Toţi consumatorii, evident în afară de cei primari, sînt carnivori. Adesea distincţia dintre aceste categorii nu este tranşantă, deoarece numeroşi consumatori se hrănesc atît cu vegetale cît şi cu animale. În fine, al treilea grup îl reprezintă organismele *reducătoare* sau *descompunătoare,* reprezentate prin bacterii

[1] *Structura* cuprinde pe de o parte elementele componente ale întregului, deci caracterul diferenţiat, discontinuu al alcătuirii sale, iar pe de altă parte în această noţiune intră şi legăturile, corelaţiile, conexiunile dintre elementele componente. Pe scurt, structura reprezintă unitatea dintre elemente şi conexiunile lor.

şi ciuperci, care descompun cadavrele pînă la substanţe organice simple şi substanţe minerale ce reintră în circuitul biologic.

Aceste trei grupe de organisme coexistă în mod obligatoriu, ceea ce şi explică de ce ecosistemul trebuie considerat ca unitate productivă a biosferei.

În dependenţă de calitatea şi cantitatea producătorilor, consumatorilor şi a reducătorilor, precum şi de trăsăturile caracteristice ale biotopului, va fi captată o cantitate mai mare sau mai mică de energie solară şi va fi determinat de *fluxul de energie* prin ecosistem cu o anumită rată, caracteristică. Aceasta este una din funcţiile principale ale ecosistemului ca întreg. O parte importantă a energiei, trecînd prin verigile lanţurilor trofice, începînd cu producătorii primari, este „pierdută" prin activitatea desfăşurată de organisme (respiraţia, mişcarea etc.). O altă parte este asimilată şi acumulată în legăturile chimice ale substanţelor organice sintetizate în organisme, deci intră în alcătuirea biomasei ecosistemului. Apare evident că în acest proces este permanentă nevoie de noi cantităţi de energie, în timp ce substanţa din ecosistem poate rămîne aceeaşi şi să fie permanent recirculată. Deci, în timp ce energia curge *prin* ecosistem, materia circulă *în* interiorul lui.

În dependenţă de structura biocenozei, circulaţia materiei poate avea un ritm lent sau mai rapid, în acest proces putînd fi antrenate mereu noi cantităţi de material din mediul anorganic înconjurător (biotop). *Desfăşurarea circuitului material,* deci a ciclurilor biogeochimice a diferitelor substanţe cu o anumită rată caracteristică biocenozei, reprezintă o altă funcţie evolutivă a biocenozei şi a ecosistemului în întregul său şi este indisolubil conexată cu prima funcţie, aceea a desfăşurării fluxului energetic.

Speciile dintr-o biocenoză pot coexista deoarece funcţiile lor sînt corelate. Ritmul de înmulţire, ciclurile vitale, modul de utilizare a resurselor mediului, modul de apărare a diferitelor specii sînt în aşa fel corelate încît să facă posibilă supravieţuirea şi activitatea normală a componentelor biocenozei. Cu alte cuvinte, speciile sînt adaptate reciproc. Rezultatul acestei adaptări este stabilitatea, mai mult sau mai puţin pronunţată, a biocenozei şi a ecosistemului întreg, stabilitate realizată prin controlul reciproc al speciilor care reprezintă cea de a treia funcţie a biocenozei — *autoreglarea,* autocontrolul stării biocenozei.

Atît structura, cît şi funcţiile biocenozei şi a întregului ecosistem reprezintă consecinţa şi, totodată, cauza desfăşurării relaţiilor de toate categoriile cu mediul abiotic şi cu cel biologic. Aceste relaţii sînt prezentate sintetic în schema din figura 44. Vom examina, în continuare, relaţiile cu mediul abiotic şi apoi relaţiile interspecifice.

4.1. RELAŢIILE CU MEDIUL ABIOTIC

Generalităţi. Pe baza studiului nutriţiei plantelor, chimistul J. Liebig a formulat (1840) aşa-numita *„lege a minimului"*, după care creşterea unei plante este limitată de acel element (substanţă) a cărui concentraţie este inferioară unei valori minime, sub care sintezele din organism nu se mai pot produce, deşi alte substanţe necesare pot exista în cantităţi

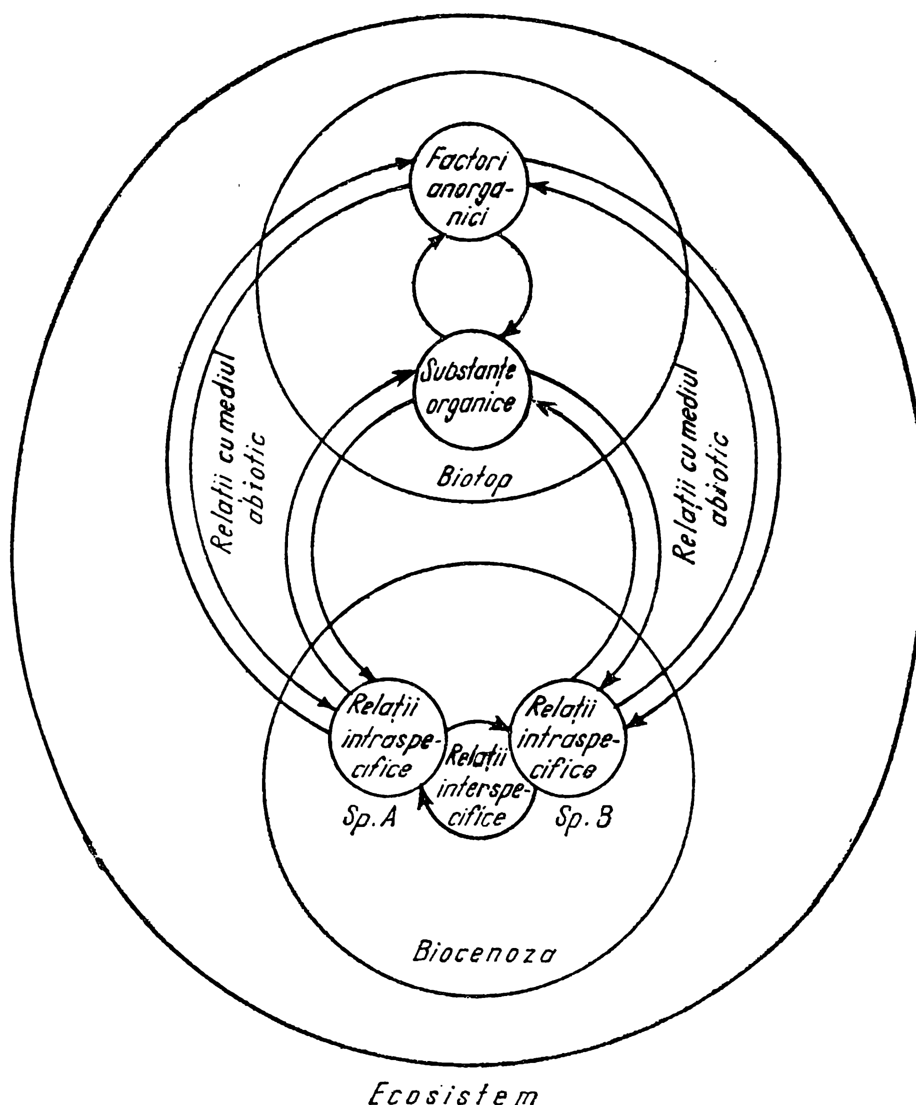


Fig. 44. Ecosistem: corelații directe și indirecte între factorii componenți.

normale. Se știe, de pildă, că dacă în mediu lipsesc sau sînt în cantități prea mici unele microelemente (vezi *Capit. 1.1.*) sau chiar ultramicroelemente, dezvoltarea și activitatea normală sau chiar existența unor populații sînt periclitate, deși celelalte condiții pot fi normale. Cercetările ulterioare au dus la lărgirea acestei legi. S-a constatat, astfel, că nu numai carența (lipsa completă sau prezența în cantitate mai mică) unei substanțe sau a unui factor oarecare dar și excesul lor (concentrația prea mare, acțiunea prea intensă a acestor factori) limitează sau condiționează existența unei specii într-un ecosistem dat. Asemenea factori poartă nu-

mele de *factori limitanți*. Fiecare specie suportă variația diferiților factori ai mediului între anumite limite, o limită minimă și o alta maximă, care poartă numele de *limite de toleranță* ale speciei. Între limitele de toleranță se află valoarea optimă a factorului dat, pentru existența speciei.

De subliniat este faptul că limitele de toleranță nu sînt absolut rigide. În primul rînd ele variază în cursul ontogenezei individului, diferind după stadiul de dezvoltare al indivizilor și chiar în același stadiu. Astfel, de obicei, stadiile tinere (larve, pui, plante tinere) sînt mai sensibile la variațiile de temperatură, umezeală etc. decît adulții, deci au limite de toleranță mai strînse. Plantele mature, în timp de iarnă, cînd funcțiunile lor sînt mult încetinite, pot suporta temperaturi mult mai scăzute decît în perioada vegetației.

Există și situații inverse cînd fazele tinere au limite de toleranță mult mai largi decît adulții. De pildă, ouăle de rezistență ale multor animale ce populează apele care seacă periodic suportă geruri puternice, seceta îndelungată, intolerabile pentru adulți.

Limitele de toleranță variază și în funcție de acțiunea corelată a diferiților factori. De pildă, în condiții de umiditate scăzută, multe organisme suportă temperaturi mult mai joase decît la umiditate sporită. De exemplu, ortopterul *Podisma pedestris,* specie stenotermă de climă rece (este răspîndită în Alpi, Extremul Nord al Europei, Siberia), suportă în condiții de climă uscată variații mult mai mari de temperatură (stenotermia mai puțin pronunțată) decît în condiții de umiditate crescută. Aceasta face ca pe întinsul arealului său specia să fie mult mai frecventă în zone uscate (Alpii de Sud) decît în cele umede (Alpii Nordici). De aceea, aprecierea și determinarea limitelor de toleranță ale unui organism și a unei populații trebuie făcută ținînd seama de specificul organismului în toate fazele existenței sale, de specificul structurii populațiilor, ca și de acțiunea corelată a factorilor mediului abiotic.

Încercarea de a explica originea și semnificația adaptativă a limitelor de toleranță a organismelor și a populațiilor a făcut să deosebim două feluri de acțiuni ale factorilor abiotici asupra populațiilor și biocenozelor.

1. Cînd variația factorilor abiotici ai mediului are o anumită regularitate, periodicitate (de exemplu, alternanța zi-noapte cu toate consecințele ei în privința diferiților factori abiotici, succesiunea sezonieră, cicluri de radiații solare, viituri periodice ale fluviilor, mareele, direcția și intensitatea vînturilor, a curenților acvatici, variația chimismului apelor în funcție de sezon, adîncime, viteza curentului etc.), atunci putem spune că factorii abiotici au un *caracter de regim,* iar biocenoza și întregul ecosistem funcționează în *regim comandat,* adică în regimul, ritmul, impuse de variația periodică a factorilor abiotici.

Acțiunea îndelungată a factorilor cu caracter de regim și efectele ei sînt de două feluri. Acțiunea *directă* asupra unei populații are un important efect selectiv: eliminarea variațiilor individuale (atît a mutațiilor, cît și a modificațiilor), care nu permit încadrarea în limitele de toleranță, ceea ce duce la elaborarea adaptărilor care permit supraviețuirea normală a populației în condițiile date. Cu alte cuvinte, se elaborează o anumită normă de reacție caracteristică populației date.

Nu mai puțin importante sînt efectele *indirecte* ale acțiunii factorilor cu caracter de regim: modificarea (adaptarea) unei populații duce, prin

intermediul relaţiilor interspecifice, la modificarea altor populaţii aparţinînd altor specii (limitarea răspîndirii, adaptări reciproce între răpitor şi pradă etc.).

2. Cînd variaţia factorilor abiotici nu are un regim de periodicitate ci unul sau mai mulţi factori variază neperiodic, brusc, depăşind adesea limitele de toleranţă, atunci putem spune că variaţia are *caracter de perturbări,* de „zgomote" pentru sistemul populaţional sau biocenotic. Evident că asemenea variaţii fac ca unii factori să devină limitanţi. Inundaţiile catastrofale, uragane, scăderi bruşte şi puternice de temperatură, secete prelungite, epuizarea unor substanţe nutritive, apariţia bruscă a unor substanţe toxice (pesticide, erbicide), poluări ale mediului etc. reprezintă de asemenea acţiuni cu caracter de perturbări. Şi aici putem deosebi efecte *directe* şi *indirecte* asupra populaţiilor. Efectul direct, cel mai însemnat, constă în eliminarea masivă, de cele mai multe ori neselectivă, a indivizilor dintr-o populaţie. Aceasta duce adesea la o puternică scădere numerică a populaţiei date, uneori chiar la eliminarea ei din biocenoza dată. De pildă, o iarnă aspră prelungită, cu zăpezi abundente, poate avea efecte foarte dăunătoare asupra unor populaţii de mamifere, păsări etc. La fel poate fi acţiunea unei furtuni puternice sau a unui pesticid. Desigur că primul efect este limitarea numărului populaţiei care se reface greu, adesea în timp îndelungat, iar uneori nu se mai poate reface. Dar chiar în această eliminare masivă se pot distinge şi unele efecte selective. Dacă variaţia unui factor depăşeşte cu mult limitele normale de toleranţă eliminarea este neselectivă, iar supravieţuirea unor indivizi este întîmplătoare, nu depinde de calităţile indivizilor daţi. Populaţia se va reface pe seama acestor supravieţuitori întîmplători a căror însuşiri genotipice vor fi generalizate prin procesul reproducerii şi înmulţirii, făcînd ca patrimoniul genetic al populaţiei refăcute să nu fie identic cu cel al vechii populaţii. Deci efectul final va consta în modificarea mai mult sau mai puţin accentuată a populaţiei, deci a capacităţilor, tendinţelor ei evolutive. Dacă însă variaţia întîmplătoare (neperiodică) a unui factor nu depăşeşte cu mult limitele de toleranţă ale unei specii, atunci vor supravieţui *selectiv* indivizii cu anumite calităţi (mai rezistenţi la secetă sau la frig, mai puţin pretenţioşi faţă de anumite condiţii etc.). Populaţia refăcută, pornind de la aceşti indivizi, va moşteni aceste calităţi, deci îşi va schimba limitele de toleranţă (se va schimba norma de reacţie), deci ea va apare mai bine adaptată la variaţia factorilor.

Şi în cazul factorilor cu variaţii avînd caracter de perturbări se produc şi efecte indirecte: modificarea (numerică, a genotipului etc.) unei populaţii va atrage după sine modificări ale altor populaţii. Vom ilustra cele spuse prin analiza acţiunii unor factori abiotici asupra organismelor şi populaţiilor.

Temperatura. Este unul din factorii abiotici de mare importanţă, ea putînd influenţa viaţa, activitatea şi corelaţiile populaţiilor în multiple feluri.

Astfel, la multe specii poikiloterme, temperatura mediului ambiant este factorul hotărîtor de care depinde numărul de generaţii pe an. Aceasta derivă din faptul că dezvoltarea individuală la diferite specii se poate desfăşura numai începînd de la o anumită temperatură, denumită

temperatura zero a dezvoltării. Temperatura situată deasupra acesteia, şi la care dezvoltarea se desfăşoară normal, poartă numele de *temperatură eficientă* şi reprezintă diferenţa dintre temperatura la care se află organismul (T) şi temperatura zero a dezvoltării (K). Un organism îşi desăvîrşeşte dezvoltarea şi, deci, va ajunge la reproducere dacă în condiţiile biotopului dat este întrunită o anumită sumă a temperaturilor zilnice eficiente (S), sumă care reprezintă o caracteristică a speciei (presupunînd că toţi ceilalţi factori sînt în limite normale). Această sumă se poate calcula după formula:

$$S=(T-K)D,$$

unde D este numărul de zile. De aici se poate vedea că dacă nu este întrunită suma de zile — grade necesară dezvoltării normale, specia nu se va putea instala în ecosistemul dat. Aceasta reprezintă, deci, un factor important care poate limita răspîndirea geografică a multor specii.

La o serie de specii din apele dulci stătătoare din Deltă, din zona inundabilă a Dunării, temperatura zero a dezvoltării este situată în jurul temperaturii de 4°C. La *Drosophila* această temperatură este de 13,5°C.

Pe de altă parte, dacă această sumă a temperaturilor zilnice eficiente este suficient de mare, specia dată va putea avea mai multe generaţii pe an, numărul lor variind, deci, de la regiune la regiune, după condiţiile specifice de temperatură. La rîndul său, numărul de generaţii al unei specii într-un ecosistem duce la implicaţii legate de rolul speciei date în circulaţia şi transformarea materiei şi energiei în ecosistem. Cu cît numărul aceasta va fi mai mare, rolul populaţiei date va fi mai însemnat. De asemenea, odată cu creşterea numărului de generaţii creşte ritmul de acumulare al variabilităţii în populaţie, ceea ce va influenţa eficienţa acţiunii selecţiei.

În aprecierea rolului temperaturii trebuie ţinut seama şi de legea lui Van't Hoff după care activitatea chimică şi cea fiziologică cresc aproximativ de două ori cînd temperatura creşte cu 10°C. Între anumite limite această lege este valabilă şi ea arată că odată cu scăderea temperaturii creşte durata vieţii organismelor, faţă de aceea a organismelor asemănătoare din regiuni mai calde. Creşterea longevităţii duce, totodată, la creşterea taliei. Creşterea longevităţii poate avea efecte importante asupra structurii populaţiilor (de pildă structura pe vîrste), a dinamicii populaţiilor. Astfel, în componenţa populaţiilor va creşte ponderea indivizilor adulţi, va creşte densitatea populaţiilor, se vor schimba raporturile dintre fazele de dezvoltare etc.

Am amintit mai înainte de creşterea taliei animalelor la temperaturi mai scăzute. Această legitate este concretizată mai ales la animalele homeoterme. Ea arată că, într-un grup sistematic dat, animalele din regiunile nordice au talia mai mare decît în cele sudice. Faptul se explică prin aceea că la volumul mare suprafaţa devine relativ mai mică, ceea ce uşurează termoreglarea animalelor. O altă regulă — *regula lui Allen* — arată pe de altă parte că la mamiferele nordice dimensiunile diferitelor apendice (coadă, urechi) se reduc, fapt legat, de asemenea, de reducerea suprafeţei de contact cu mediul şi, deci, înlesnirea menţinerii temperaturii corpului (fig. 45).

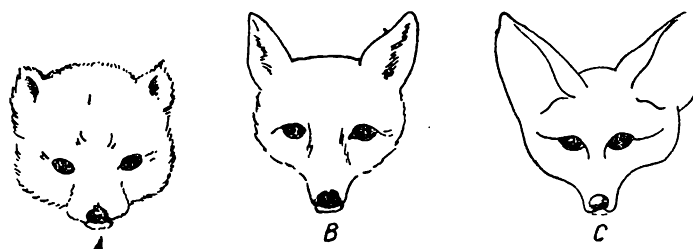


Fig. 45. Regula lui Allen: urechile și botul vulpilor se micșorează de la sud la nord: A – *Vulpes lagopus* (vulpea arctică); B – *Vulpes vulpes* (vulpea comună); C – *Vulpes zedra* (africană).

Acțiunea temperaturii cu caracter de regim permite selecției să ducă la elaborarea a numeroase adaptări de diferite naturi, prin care organismele reușesc să supraviețuiască în condiții termice adesea dificile. Astfel, creșterea temperaturii mediului limitează treptat numărul de specii ce pot persista. De pildă, în izvoare termale, la temperatura de 32°C pot supraviețui peste 50 specii de coleoptere acvatice, iar în izvoare avînd 46°C nu se cunosc decît două specii. Larvele de diptere sînt mai rezistente: unele specii de *Ceratopogonidae (Heleidae)* trăiesc în izvoare termale la 52°C (Djawa), unele chironomide la 51°C (America de Nord), crustaceul *Thermobatynella adami* a fost găsit într-un izvor la 55°C (Zair). Unele alge cianoficee din genurile *Phormidium* și *Oscillatoria* trăiesc în ape termale la 85°C, iar bacterii au fost găsite și în ape avînd 90°C.

În condiții de deșert, unde temperatura este ridicată mai ales la suprafața solului nisipos, apar numeroase adaptări care permit evitarea supraîncălzirii. Astfel, la unele coleoptere de deșert problema adaptării se rezolvă pe mai multe căi: dezvoltarea unei cavități sub elitre, permițînd o mai bună izolare termică; alungirea picioarelor, permițînd distanțarea corpului de suprafața fierbinte a nisipului; coloritul deschis, permițînd reflectarea razelor solare (în același timp și homocrom); acoperirea elitrelor cu perișori albi. În sfîrșit, un mijloc frecvent de protecție împotriva supraîncălzirii este îngroparea în nisip, cînd temperatura se ridică peste anumite limite. O statistică arată că din 125 insecte psamicole din Sahara (ducînd viața pe nisipuri) numai 3 specii (o furnică și două coleoptere) rămîn la suprafață cînd temperatura nisipului depășește 50°C.

Este de remarcat, deci, caracterul divers, căile diferite (morfologice, fiziologice, comportamentale) prin care se realizează adaptarea la acțiunea cu caracter de regim a temperaturilor înalte.

Același lucru se constată și în privința adaptărilor la temperaturi scăzute.

În afară de adaptări generale morfologice și fiziologice sintetizate în legile și regulile amintite la începutul paragrafului privind acțiunea temperaturii, găsim numeroase alte căi fiziologice, comportamentale, de adaptare la scăderea prea mare a temperaturii. Astfel, la unele insecte acvatice (de exemplu, unele larve de chironomide), odată cu scăderea temperaturii apei se produce deshidratarea țesuturilor ducînd la creșterea

presiunii osmotice din țesuturi și scăderea punctului de congelare. Aceasta permite supraviețuirea larvelor în apele din zona arctică. La alte insecte, rezistența la ger se datorează formării în corp a unor substanțe antigel. De pildă, la himenopterul *Bracon cephi* se formează glycerol, în concentrație de 25%, care permite rezistența insectelor pînă la —20°C (Canada). La peștele *Gadus ogac* (Labrador) se acumulează trimetilamina, care scade temperatura de congelare a plasmei de la —0,8°C (din timpul verii) la —1,6°C.

Formarea de substanțe care rămîn lichide la temperaturi scăzute, permițînd desfășurarea normală a metabolismului, este un fenomen mult mai frecvent decît ar părea din exemplele citate. Se constată, de pildă, că grăsimile (esteri ai acizilor grași cu glicerol) sintetizate de algele fitoplanctonului din apele oceanice reci sînt foarte nesaturate, conțin acizi grași foarte nesaturați (cu mai multe legături duble între atomii de carbon), ceea ce sporește fluiditatea lor și le scade punctul de congelare. În aceleași ape, numeroase copepode planctonice care se hrănesc cu aceste alge sintetizează diferite feluri de ceară (lipide reprezentînd esteri ai acizilor grași cu alcooli cu lanțuri lungi de carbon) în care intră acizi grași cu un mare grad de nesaturație, ducînd la scăderea punctului de congelare.

Sinteza lipidelor cu un mare grad de nesaturație apare ca o importantă adaptare care permite existența vieții la temperaturi scăzute și, totodată, determină o importantă producție de biomasă cu mare valoare energetică (A. A. Benson și R. F. Lee, 1975).

Adaptările fiziologice sînt adesea însoțite și de unele comportamente. Hibernarea este întîlnită atît printre nevertebrate, cît și la vertebrate. La unele insecte tropicale intrarea în hibernare se produce la temperaturi destul de ridicate, de pildă la unele curculionide australiene la 13°C. La mamiferele hibernante (de exemplu, marmota, hamsterul, liliacul etc.) în timpul acestei stări mecanismele de termoreglare nu funcționează, iar animalele se comportă ca poikiloterme: metabolismul scade la 1/30—1/100 din cel normal, temperatura corpului devine dependentă de cea a mediului, putînd să scadă de la 38—39°C la 25°C.

În unele cazuri, organizarea de grup a animalelor permite compensarea insuficienței căilor fiziologice de rezistență la temperaturi scăzute. Astfel albinele în timpul iernii se aglomerează în stup și, prin contracții musculare, degajă căldură nepermițînd scăderea temperaturii în stup sub 13°C. În felul acesta gruparea de organisme poikiloterme capătă însușiri de homeoterme.

Toate aceste efecte reprezintă, de fapt, adaptări ale speciilor la acțiunea temperaturii ca factor de regim, deci ca factor ce acționează relativ constant, cu oscilații periodice mai mult sau mai puțin normale.

Acțiunea temperaturii poate deveni și un important factor limitant, atunci cînd oscilațiile ei depășesc anumite limite și acționează ca perturbări.

De pildă, în iarna 1879—1880, deosebit de aspră, pinii maritimi de pe coasta de nord a Franței au murit în masă, supraviețuind exemplare izolate care, ulterior, au refăcut o populație rezistentă la ger.

În iarna 1954—1955, cu temperaturi foarte scăzute și zăpezi abundente în partea de sud a țării noastre, unele bălți din Lunca Dunării (de

exemplu, balta Greaca) au înghețat pînă la fund, murind întreaga biocenoză. Refacerea populațiilor s-a făcut pe seama organismelor aduse de apele de inundație ale Dunării.

Acțiunea indirectă a temperaturii, prin intermediul corelațiilor dintre specii, o vom ilustra printr-un exemplu. În lungul coastei de vest a Americii de Sud curge curentul rece Humboldt, venind dinspre ținuturile polare. Dinspre regiunea ecuatorială vine, totodată, curentul cald El Niño. Apele curentului Humboldt aduc o mare cantitate de săruri nutritive, ceea ce determină o bogată dezvoltare a planctonului, fapt care, la rîndul său, determină concentrarea unor mari cantități de pești planctonofagi. Aceștia reprezintă o sursă de hrană atît pentru peștii răpitori cît și pentru giganticele aglomerări de păsări ichtiofage, al căror guano este una din bogățiile statelor Peru și Chile. Uneori însă, curentul cald El Niño se extinde spre sud, neobișnuit de departe (pînă la 10° latitudine sudică), determinînd o mortalitate în masă a planctonului adaptat la temperatura scăzută a apelor curentului Humboldt. Peștii lipsiți de hrană dispar din aceste locuri. Păsările ichtiofage, la rîndul lor, sînt silite să-și părăsească regiunile de cuibărit, iar puii lor, rămași fără îngrijire, mor în masă. Totodată se produce o mortalitate masivă a peștilor din cauza degajării de hidrogen sulfurat, rezultat din descompunerea maselor de plancton mort. Acest exemplu arată modul complex de acțiune a temperaturii asupra structurii unei biocenoze și, totdată, interacțiunea între biocenoza acvatică și cea terestră.

În legătură cu adaptări la regimul termic trebuie spuse cîteva cuvinte și despre *rolul biologic al focului.* Oricît ar părea de paradoxal, datele existente arată că focul apare în natură cu destulă frecvență pentru a funcționa ca un factor de regim, determinînd numeroase adaptări de cele mai variate naturi. Astfel, în preerie, observațiile efectuate în cursul anului 1965 arată că la fiecare 5 000 ha s-a produs un incendiu provocat de fulgere. Activitatea umană face să crească frecvența incendiilor. În unele zone, ca în savanele din diferite continente, se practică de vreme îndelungată arderea anuală a plantelor uscate.

Efectele ecologice ale incendiilor sînt multiple: modificarea însușirilor solului, a structurii biocenozelor, modificarea succesiunii ecologice, formarea de adaptări variate care să permită supraviețuirea speciilor. În savane, la acțiunea focului rezistă plante cu anumite caractere: apărarea mugurelui central prin tecile suprapuse ale frunzelor lungi, sisteme radiculare bine dezvoltate, rizomi; ierburile lipsite de asemenea trăsături sînt treptat eliminate. Pe drept cuvînt, datorită acțiunii selective a focului, savana este considerată ca un ecosistem „pirogen". O serie de arbori din savane, de asemenea se dovedesc rezistenți la acțiunea focului: baobabul *(Adansonia),* diferite specii de acacii și alți arbori. Se cunosc plante (unele genuri australiene de *Proteaceae* și *Myrtaceae)* a căror fructe, cu un înveliș lemnos tare, nu se deschid dacă nu trec prin foc. Deci focul a devenit un factor necesar pentru existența acestor specii.

Umiditatea. Orice plantă sau animal necesită prezența apei, care constituie un factor de prim ordin în desfășurarea proceselor biochimice și fiziologice (vezi *Capit. 1.1.*).

Conținutul de apă din organism variază de la specie la specie, putînd ajunge pînă la 98% din greutatea organismului (unele meduze) și rareori

scăzînd sub 50%. Atît plantele cît și animalele nu suportă, în general, o scădere prea mare şi de lungă durată a cantităţii de apă din organism. Dar activitatea normală a oricărui organism implică permanente pierderi de apă prin transpiraţie, evaporare, respiraţie, excreţie etc. Aceste pierderi sînt necesare, dar organismele pe de o parte trebuie să funcţioneze astfel încît să le reducă la minimum posibil, iar pe de altă parte să le compenseze prin consum de apă din mediu, menţinînd în limite normale bilanţul hidric al organismului.

Din multiplele aspecte pe care le prezintă această problemă, ne vom opri asupra relaţiilor organismelor cu seceta, deci cu scăderea cantităţii de umezeală din mediu.

Acţiunea secetei, a uscăciunii permanente sau periodice a mediului, *avînd caracter de regim,* determină dezvoltarea a numeroase adaptări care, *pe căi diferite,* caracteristice fiecărei specii, rezolvă problema supravieţuirii speciei.

Mai întîi să vedem cum se rezolvă această problemă la plante.

Plantele aflate în condiţii permanente sau periodice de uscăciune (de insuficienţă a apei) — *xerofitele* — trebuie să facă faţă unor situaţii contradictorii. Pe de o parte, planta trebuie să se apere împotriva pericolului de uscare, deci trebuie să reducă la minimum pierderile de apă prin transpiraţie. Dar pe de altă parte, transpiraţia este necesară atît pentru a asigura absorbirea și transportul sărurilor minerale din sol, cît şi pentru a nu permite o ridicare excesivă a temperaturii corpului. Totodată stomatele, prin care se face cea mai mare parte a eliminării apei în procesul transpiraţiei, trebuie să fie deschise şi pentru a permite accesul în frunză a bioxidului de carbon necesar fotosintezei și a oxigenului necesar respiraţiei. Această contradicţie este rezolvată de plante pe diferite căi, caracteristice la diferitele specii.

În primul rînd se constată o adaptare a sistemului radicular, la condiţii de uscăciune. La unele plante xerofite rădăcinile nu pătrund prea adînc, deci nu reuşesc să ajungă la apa freatică, dar se ramifică foarte abundent, se întind pe orizontală cuprinzînd un mare volum de sol. Așa este cazul, de pildă, la unele specii de pelin *(Artemisia)* şi la o serie de graminee. O altă adaptare (deci altă soluţie pentru aceeași problemă) constă în alungirea puternică a rădăcinii pe verticală, fără importante ramificaţii, ajungînd pînă la apa freatică ca, de exemplu, la lucernă, la spinul de deşert — *Alhagi camelorum* etc. la care lungimea rădăcinilor poate depăşi 10—15 m; la floarea-soarelui ea ajunge aproape pînă la 3 m în condiţii de uscăciune.

Adaptarea morfologică este însoţită și de cea fiziologică. După cum se ştie, apa cu săruri din sol va pătrunde în celulele rădăcinilor dacă presiunea osmotică în celule este mai mare decît a soluţiei din sol. În soluri uscate sau sărăturate, această soluţie este concentrată și are o presiune osmotică mare. Adaptarea plantelor xerofite constă în creşterea considerabilă a presiunii osmotice prin concentrarea sucului celular, putînd să ajungă la 60—80 atmosfere, făcînd astfel posibilă absorbirea soluţiei din sol. De remarcat că presiunea osmotică a plantelor este reglată în funcţie de presiunea osmotică a soluţiei din sol.

Aceste adaptări morfo-fiziologice asigură o aprovizionare normală a plantei cu apă.

O serie de alte adaptări permit xerofitelor să-şi regleze transpiraţia, deci pierderile de apă mai ales prin suprafaţa frunzelor.

De obicei, se consideră că la xerofite transpiraţia este mai puţin intensă decît la mezofite. Dar faptele arată că adesea la xerofite transpiraţia (cantitatea de apă pierdută în unitatea de timp, pe o unitate de suprafaţă a frunzelor) este mai intensă decît la mezofite. De pildă, la xerofitul *Verbascum avalifolium* valoarea transpiraţiei este de 8,8 g apă/oră/cm^2 frunză, la *Salvia verticillata* de 9,9, la *Falcaria rivini* de 13,7 g, în timp ce la un mezofit ca *Viola odorata* este 4, la *Lamium album* 3,6 g. Acest aspect este legat de faptul, la prima vedere neaşteptat, că numărul stomatelor pe unitatea de suprafaţă la xerofite este de obicei mai mare decît la mezofite; stomatele au însă de obicei dimensiuni mai mici, după cum în general celulele mezofitelor sînt mai mici, iar spaţiile intercelulare mai reduse.

Reglarea sau reducerea transpiraţiei la xerofite se realizează pe mai multe căi. Mai întîi trebuie amintit că, pe lîngă transpiraţia prin stomate, există o transpiraţie cuticulară.

Reducerea transpiraţiei se referă la ambele căi — cuticulară şi prin stomate: dezvoltarea unei epiderme pluristratificate, a unei cuticule groase adesea acoperită cu un strat de ceară, sau dezvoltarea unui înveliş de peri deşi care formează uneori o adevărată pîslă pe frunze, peţioluri, tulpini. Toate aceste mijloace reuşesc să diminueze considerabil pierderile de apă prin cuticulă. Aşa se face că în timp ce la mezofite transpiraţia cuticulară este de 2—5 ori mai mică decît cea prin stomate, la xerofite ea ajunge de 25 ori mai mică.

O altă adaptare importantă (care dealtfel nu este specifică doar xerofitelor) este reglarea automată a deschiderii stomatelor în funcţie de factorii mediului.

În timpul nopţii cînd planta nu are nevoie de CO_2, deoarece nu efectuează fotosinteza, stomatele se închid; în timpul zilei, în funcţie de necesităţile de CO_2, de umiditatea atmosferică, de temperatură etc. deschiderea stomatelor este reglată în mod automat, astfel încît să permită desfăşurarea normală a fotosintezei şi, totodată, să nu permită pierderi excesive de apă. Această autoreglare se produce prin procese fizico-chimice: cînd concentraţia de CO_2 din celulele stomatice (care au cloroplaste şi, deci, produc fotosinteza) scade, atunci o parte din amidonul acumulat în celule este transformat în zahăr solubil. Enzimele care determină acest proces nu pot acţiona în mediu acid, astfel încît atunci cînd cantitatea de CO_2 în celulă este mai mare mediul se acidifică, ceea ce opreşte acţiunea enzimelor respective şi determină acumularea de amidon şi scăderea cantităţii de zahăr solubil. Aceste transformări determină schimbarea presiunii osmotice din celulele stomatice: acumularea de zahăr solubil face ca presiunea să crească, ceea ce determină pătrunderea de apă în celulele stomatice din celulele înconjurătoare. Celulele devenind mai turgescente stomatele se deschid, pătrunde mai mult CO_2, mediul se acidifică, transformarea amidonului în zahăr solubil se opreşte, presiunea scade, ceea ce duce la închiderea stomatelor.

După cum se poate vedea deschiderea şi închiderea stomatelor nu sînt direct dependente de umiditatea aerului ci de concentrarea substanţelor organice din celulele stomatice, ceea ce explică faptul că deschiderea

și închiderea lor nu coincid totdeauna și riguros cu variațiile umidității atmosferei. De aceea, apar și alte adaptări care permit reducerea pierderilor de apă. Acestea constau adesea în reducerea suprafețelor de evaporare prin: *a) micșorarea limbului foliar* ca la *Ericaceae, Myrtaceae,* la care frunzele avînd stomatele pe suprafața inferioară se răsucesc astfel încît stomatele se află într-un spațiu mai închis, reducînd transpirația. De subliniat aici și o adaptare de grup: aceste plante, în deșerturile Asiei, formează adesea desișuri foarte încîlcite în care se adună resturile uscate ale plantelor din anii trecuți. În aceste desișuri mișcările aerului sînt slabe, umbra mai deasă, ceea ce contribuie la reducerea pierderilor de apă; *b) scăderea numărului frunzelor* sau dispariția lor permanentă sau temporară. De pildă, la papilionaceul *Spartium junceum* frunzele sînt foarte puține, se usucă vara, iar asimilația o fac tulpinile verzi. Din aceeași categorie face parte *Ephedra.* La multe plante (arbori, arbuști) din zona savanelor, frunzele cad în sezonul secetos.

Din cele relatate se poate vedea că pe mai multe căi, prin mijloace care diferă de la grup la grup, plantele s-au adaptat la condițiile permanente sau periodice de uscăciune, dar mijloacele amintite nu epuizează toate căile de adaptare la asemenea condiții. Adaptări la secetă, mergînd pe o cale cu totul diferită, le găsim la plantele așa-numite suculente, grupare ecologică în care intră reprezentanți din grupuri diferite: *Crassulaceae (Sedum, Sempervivum), Cactaceae, Euphorbiaceae* etc. (fig. 46).

Toate aceste grupuri de plante trăiesc în condiții de mare uscăciune. Rădăcinile lor sînt superficiale, răsfirate. În perioada de ploaie apa este absorbită cu aviditate și acumulată în parenchimul acvifer din frunzele cărnoase ale crassulaceelor sau în tulpinile cactaceelor sau euforbiaceelor la care frunzele sînt transformate în țepi, reducînd suprafața de evaporare. Avînd apă acumulată în țesuturi, finalitatea funcționării stomatelor este modificată; stomatele lor sînt închise ziua și deschise noaptea, iar țesuturile la cactacee, euforbiacee rețin apa cu o putere neobișnuită chiar în zilele cele mai călduroase, specifice deșerturilor în care trăiesc. Din cauza închiderii stomatelor în timpul zilei, impusă de necesitatea economisirii apei, intensitatea fotosintezei este mult redusă din care cauză creșterea acestor plante este foarte încetă.

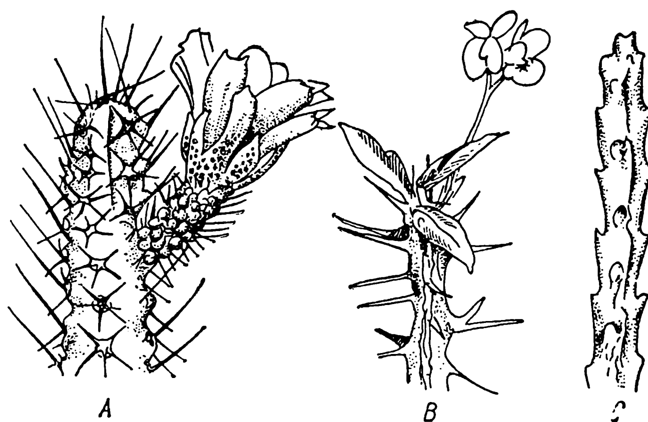


Fig. 46. Convergență în adaptare la secetă: *A* — cactaceu din America de Sud; *B* — euforbiceu din Africa de Sud; *C* — asclepiadaceu din Africa de Sud (din L. Cuénot, 1951).



Fig. 47. *Welwitschia mirabilis*, din deșertul Namibiei (Africa de S-V).

Dar nici calea adaptărilor adoptată de acest grup ecologic nu epuizează toate posibilitățile plantelor de a face față uscăciunii. Plantele, ca dealtfel și animalele, după cum vom arăta mai jos, se dovedesc capabile de a utiliza cele mai diferite și adesea neașteptate resurse ale mediului, atunci cînd factorii respectivi au caracter de regim.

Vom ilustra această situație prin adaptarea remarcabilă și cu totul diferită de cele precedente a speciei *Welwitschia mirabilis* (fig. 47) (din ordinul *Gnetales*, din care mai face parte și *Ephedra* și *Gnetum*). Acest gimnosperm bizar trăiește în deșertul Namibiei (Africa de sud-vest), una din cele mai secetoase regiuni ale globului, în care ploile sînt extrem de rare. Singura sursă de umezeală o reprezintă ceața deasă adusă dinspre Oceanul Atlantic de vînturile de vest, fenomen ce are loc zilnic din zorii zilei pînă la orele 9,30 dimineața, și aceasta circa 300 zile pe an. Ceața se întinde la 80 km în interiorul continentului și echivalează cu 50 mm precipitații anuale. Rădăcinile acestei plante, pătrunzînd pînă la o adîncime de numai 3 m, nu ajung la straturi umede și, practic, servesc doar la fixarea plantei. Tulpina scurtă nu depășește înălțimea unui om, chiar la exemplarele a căror vîrstă ajunge la 1 500 ani. Frunzele late, putînd depăși 8 m în lungime, după ce se îndoaie de la tulpină se întind pe sol unde, în contact cu nisipul fierbinte, se modifică treptat, sînt rupte în fîșii prin acțiunea vîntului și cresc mereu prin baza lor. Ele, deci, nu au nimic comun cu frunzele obișnuite de tip xerofitic. Stomatele se găsesc nu numai pe partea inferioară dar și pe partea superioară a frunzelor, putînd ajunge în număr de 22 100 pe cm^2. Prin stomate umezeala ceții este absorbită de plantă. La scurt timp după ridicarea ceții, stomatele se închid ermetic. De remarcat încă este faptul că în structura cuticulei există un strat conținînd cristale de oxalat de calciu cu rolul probabil de a reflecta radiațiile solare și, deci, de a nu permite o supraîncălzire a plantei.

Nu mai puțin variate sînt căile prin care se realizează adaptarea animalelor la condițiile de uscăciune, atunci cînd acestea au caracter de regim. Adaptările animalelor la condiții de secetă pot fi de natură morfologică, fiziologică, comportamentală. Ele tind să reducă la minimum pierderile de apă și să folosească la maximum resursele externe sau interne de umiditate.

Adaptări de reducere a pierderilor de apă constau, printre altele, în impermeabilizarea tegumentului ca la reptile, păsări, mamifere, insecte; reducerea glandelor sudoripare, ca de pildă la rozătoare, la antilope trăind în deșerturi. Economisirea apei din organism se realizează și pe diferite căi fiziologice. La unele vertebrate (mai ales la reptile, dintre care multe trăiesc în regiuni uscate), la unele moluște terestre, la insecte, nu se elimină prin urină decît o cantitate minimă de apă, deoarece în loc de săruri amoniacale, care necesită multă apă, aceste animale elimină urați solizi. La unele specii acest proces se produce numai în perioadele de uscăciune. De pildă, peștele dipneust african *Protopterus aethiopicus*, în timpul cît trăiește în apă elimină urina cu săruri amoniacale, iar în perioada de secetă cînd stă adăpostit într-un cocon de nămol elimină ureea.

Unele specii de animale, deși nu trăiesc în condiții deșertice, nu pot consuma apa liberă ci trebuie să se mulțumească cu apa conținută în hrană. Aceasta, la unele specii este foarte uscată și atunci apar adaptări care permit utilizarea apei ce rezultă din procesele metabolice din organism. De pildă, larvele coleopterului *Tenebrio molitor* hrănindu-se cu făină, într-o atmosferă complet uscată, nu cresc deoarece o bună parte din hrana utilizată constituie sursa de apă de metabolism.

Apa de metabolism este utilizată și de unele mamifere adaptate la viața de deșert, cum este dromaderul. Vara, în timp de secetă, hrănindu-se doar cu plante uscate, dromaderul poate rezista fără apă timp de două săptămîni. În acest timp se reduce cantitatea de urină eliminată, iar apa este produsă prin oxidarea rezervelor de grăsime din cocoașe. Pe lîngă aceasta se produce o reducere a transpirației, iar animalul poate suporta atît ridicarea temperaturii cu 6,2°C, cît și pierderea unei cantități de apă pînă la 30% din greutatea organismului, în timp ce alte mamifere nu suportă pierderi nici de 20% apă.

Marsupialul *Dipodomys merriami* este, de asemenea, foarte bine adaptat la secetă: elimină o urină foarte concentrată, fecale foarte uscate, nu are glande sudoripare și deci nu transpiră și suportă ridicarea temperaturii interne, duce viață nocturnă, ziua stînd ascuns în vizuină.

Cele două specii citate nu sînt unicele exemple de mamifere mari admirabil adaptate la regimul de uscăciune.

În vastele zone deșertice și semideșertice ale Pămîntului trăiesc numeroase specii de animale, printre care și mamifere cu o uimitoare rezistență la lipsa de apă. Kai Curry-Lindahl (1972) arată că multe animale deșertice pot să nu bea apă deloc (deși cînd există o beau), mulțumindu-se cu apa conținută în hrana vegetală, de cele mai multe ori și ea foarte săracă în apă. Antilopele africane din genurile *Addax, Taurotragus, Gazella, Oryx* pot trăi fără să bea apă. Această adaptare neobișnuită arată și marea valoare economică a unor asemenea animale care valorifică resursele biologice ale unui mediu inaccesibil animalelor domestice.

Variate sînt *adaptările comportamentale*. Numeroase animale specifice deșerturilor se feresc de excesul de căldură și uscăciune, înfundîndu-se în nisip. Remarcabil este că pînă și unele amfibii s-au adaptat la asemenea regim de viață. În deșerturile Australiei, broasca *Heleiporus pictus* trăiește în vizuini adînci pînă la 0,5 m, unde depune și ouăle. iar mormolocii eclozează îndată ce plouă. *Chiroleptes platycephalus* s-a adap-

tat la condiţii de secetă periodică. În perioada de ploi, animalele acumulează în corpul lor cantităţi apreciabile de apă şi se îngroapă într-o vizuină unde supravieţuiesc perioadei de secetă. Băştinaşii australieni, la nevoie, folosesc aceste broaşte ca sursă de apă. Seceta periodică a devenit o necesitate pentru dezvoltarea unor specii de crustacei din ordinul *Phyllopoda:* larvele acestor specii nu eclozează din ouă ce nu au trecut prin una sau mai multe perioade de secetă.

Unele insecte în faza de „imago“ nu se hrănesc şi, deci, nu-şi pot completa rezervele de apă. Pierderile de apă sînt evitate prin anumite comportamente. De pildă, adulţii de *Chironomidae* (diptere) stau adesea pe frunzele copacilor. Dacă atmosfera este umedă ei stau pe faţa superioară, iar dacă este uscată migrează pe faţa inferioară unde umezeala este ceva mai mare datorită transpiraţiei prin stomate. Numeroase animale (mamifere, păsări) se deplasează activ, adesea efectuînd adevărate migraţii în căutarea apei, în perioadele secetoase.

Umiditatea excesivă, ca şi uscăciunea excesivă, pot acţiona adesea ca factori limitanţi, aceasta în cazul cînd variaţia lor capătă caracter de perturbări, prin schimbări bruşte depăşind limitele de toleranţă ale speciilor. Se cunoaşte efectul distrugător, adesea catastrofal, al unor secete excesive şi prelungite. Efectele unor asemenea fenomene sînt atît directe cît şi indirecte: numeroase plante, ca şi o serie de animale mor din cauza secetei (efect direct), alte animale mor şi din lipsa de mîncare sau sînt silite să migreze. Pe ambele căi viaţa biocenozei este puternic perturbată. Supravieţuitori întîmplători pot reface unele populaţii, în cazurile cînd uscăciunea nu depăşeşte excesiv limitele de toleranţă şi se vădeşte acţiunea ei selectivă. În aceste condiţii supravieţuitorii vor putea da naştere unor linii mai rezistente.

Lumina. Este o formă de energie, şi anume, a radiaţiilor electromagnetice. Spectrul general al radiaţiilor electromagnetice este mult mai larg decît spectrul vizibil: începe cu radiaţii cosmice avînd cea mai mică lungime de undă, după care urmează raze gamma, raze X, ultraviolete, spectrul vizibil, infraroşii, ultrascurte, unde de lungimea televiziunii, unde radio, unde electrice (fig. 48).

În această gamă largă a radiaţiilor electromagnetice, spectrul vizibil pentru ochiul omenesc (perceput ca lumină albă sau colorată) reprezintă o mică porţiune cu lungimi de undă cuprinse cam între circa 4 000 şi 7 000 Å (un angström=1/10 mμ). Spectrul vizibil este precedat de zona radiaţiilor ultraviolete (U.V.) avînd $\lambda < 4\,000$ Å şi urmat de spectrul radiaţiilor infraroşii cu λ cuprins între 8 000 Å şi 13 500 Å. Fiecare zonă a spectrului este caracterizată nu numai prin lungimea de undă dar şi prin conţinutul de energie. Cu cît lungimea de undă este mai mare, cu atît energia conţinută este mai mică, deci şi puterea de penetraţie este mai mică.

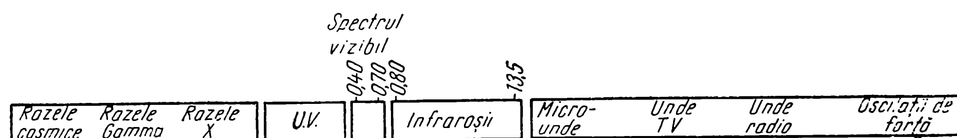


Fig. 48. Spectrul undelor electromagnetice, în care spectrul vizibil pentru om ocupă o foarte mică porţiune.

Plantele fotosintetizante sînt sensibile la diferite porţiuni ale spectrului vizibil, folosind energia radiaţiilor respective în procesul fotosintezei. Multe animale, mai ales vertebrate, percep ca şi omul spectrul vizibil. Dar numeroase specii de vertebrate și nevertebrate sînt sensibile şi la alte porţiuni ale spectrului general, putînd percepe radiaţii U.V. ca şi cele infraroșii.

Sursa principală a radiaţiilor electromagnetice pentru Pămînt este reprezentată de Soare şi este practic constantă. Ţinînd seama de faptul că poziţia pe glob a fiecărui ecosistem este și ea constantă, variaţia factorului lumină (incluzînd aici toate radiaţiile percepute de vieţuitoare) — sezonieră, circadiană (zilnică) — în fiecare punct al planetei depinde în esenţă de poziţia Pămîntului faţă de Soare și de rotaţia planetei, fenomene cu o strictă periodicitate. Unii factori locali, ca nebulozitatea, determină variaţii de mică amploare, neesenţiale. Acţiunea luminii are, deci, prin excelenţă un caracter de regim pentru cele mai multe ecosisteme terestre și acvatice, determinînd apariţia a variate adaptări de naturi diferite.

Absenţa luminii în unele ecosisteme (cavernicol, freatic, abisal) sau în unii biotopi (galerii subterane, sub scoarţa copacilor, în interiorul altor organisme etc.) este un fenomen secundar pentru evoluţia unor specii, de aceea şi adaptările la viaţa fără lumină sînt adaptări secundare, ducînd la transformarea, pînă la dispariţie, a adaptărilor la lumină sau duc la apariţia unor noi adaptări. Se știe că multe animale adaptate la viaţa cavernicolă sau subterană sînt depigmentate, oarbe (fig. 49). Dar, în mediul abisal, lipsit total de lumina solară, la unele animale au evoluat organe luminoase — deci surse de lumină interne, ale ecosistemului și nu externe (fig. 50). Această lumină de natură biologică nu este menită să înlocuiască lumina solară, pentru că are un alt rost. Ea nu îndeplineşte funcţia energetică în ecosistem, ci are un rol informaţional: serveşte pentru orientarea animalelor în vederea prinderii prăzii, pentru atragerea prăzii etc. În acelaşi timp, animale emiţătoare de lumină cad mai uşor pradă unor răpitori. Aceste surse de lumină influenţînd complex relaţiile interspecifice, duc adesea la hipertrofierea organelor vizuale menite să perceapă slaba lumină metabolică.

Efectele biologice ale luminii solare sînt variate și complexe. Ne vom referi mai întîi la plante. Astfel, adaptarea plantelor verzi de a utiliza lumina solară ca sursă de energie pentru sinteza substanţelor organice stă la baza vieţii pe planeta noastră. Noi percepem culoarea plantelor ca fiind verde datorită faptului că pigmentul lor principal — clorofila — *reflectă* în cea mai mare parte radiaţiile cu lungimea de undă între 5 000—5 500 Å, din zona verde a spectrului vizibil, radiaţii care în sistemul ochi-creier dau senzaţia de verde. Fiind reflectate, razele verzi nu sînt folosite în fotosinteză. Clorofila *absoarbe* mai ales radiaţiile roşii și albastre, eficienţa cea mai mare avînd-o cele roşii. În anumite condiţii, ca de pildă la adîncimi mai mari în apa oceanică, cloroplastele verzi devin ineficace şi atunci rolul principal revine altor pigmenţi. De pildă, algele roşii *(Rhodophyta)* îşi datorează culoarea pigmentului phycoeritrina, care *absoarbe* radiaţiile verzi (nu le reflectă, ca plantele verzi) și utilizează energia lor în fotosinteză, pentru că la adîncimi mari radiaţiile roşii nu pătrund în cantitate suficientă.

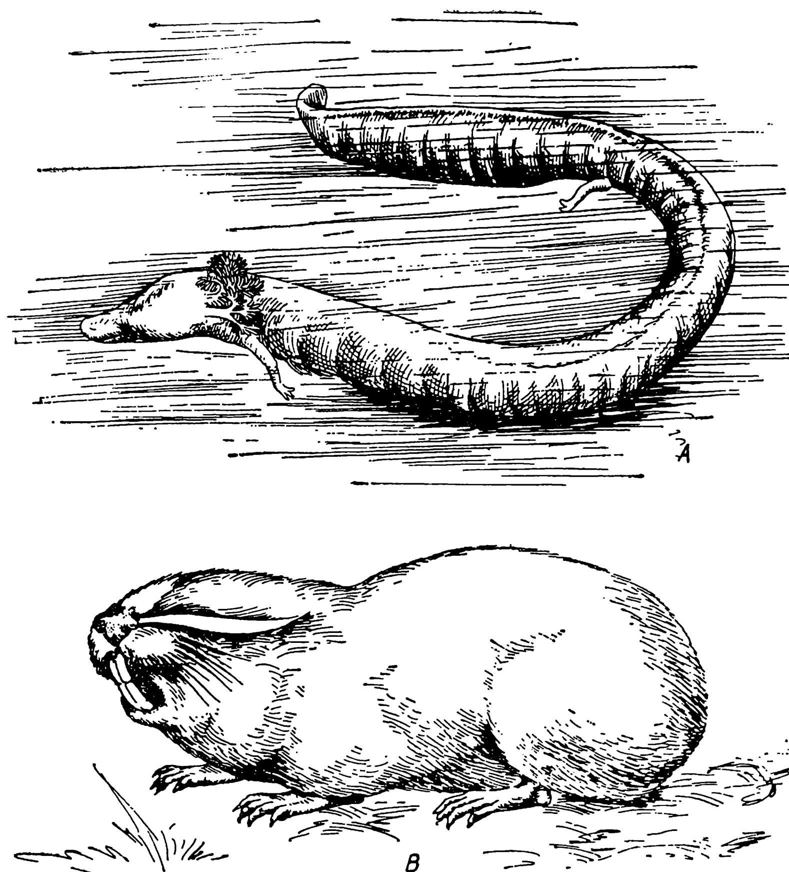


Fig. 49. Reducerea ochilor: *A – Proteus* (amfibian); *B – Spalax* (orbetele mamifer).

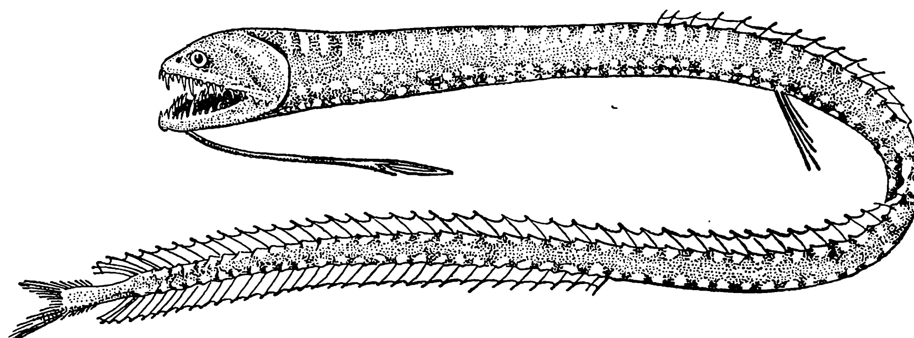


Fig. 50. *Indiacanthus panamensis* – pește abisal cu organe luminoase și ochi.

La animale, acţiunea luminii determină numeroase adaptări. În conexiune cu energia pe care o înglobează şi probabil şi cu alţi factori (umiditatea), lumina influenţează pigmentaţia multor animale. Se ştie de pildă că pe măsură ce creşte altitudinea, culorile insectelor devin mai închise (fig. 51). Culoarea închisă este un mijloc de protecţie contra radiaţiilor prea intense (de pildă, ultraviolete) şi, totodată, permite absorbţia mai intensă a radiaţiilor termice şi, deci, ridicarea temperaturii corpului.

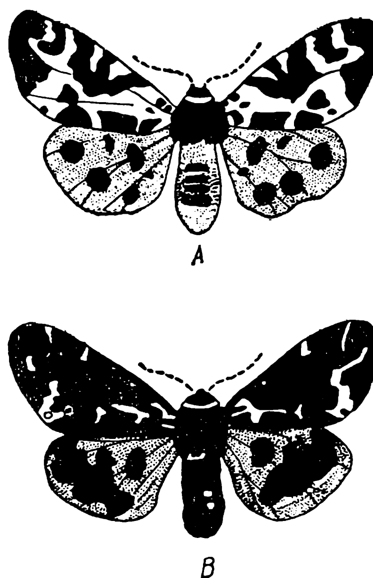


Fig. 51. *Arctia caja: A* — individ cu colorit normal; *B* — individ cu colorit mai închis datorită temperaturii scăzute în timpul dezvoltării părinţilor săi.

Toate fenomenele de homocromie, imitaţie, avertizare, mimetism, multe aspecte ale dimorfismului sexual şi ale relaţiilor dintre sexe devin posibile datorită adaptării diferitelor animale de a percepe culorile. Acelaşi fenomen stă la baza relaţiilor dintre numeroase plante entomofile şi insecte polenizatoare, atrase de culorile florilor.

Radiaţiile ultraviolete, ca parte componentă a spectrului solar, au diferite efecte, unele utile, altele dăunătoare: de exemplu, prin iradierea provitaminei B ia naştere vitamina D. Se consideră că pe această cale planctonul marin din apele superficiale acumulează cantităţi importante de vitamină D, care este apoi transmisă în tot lungul lanţurilor trofice. Împotriva efectului destructiv al radiaţiilor ultraviolete prea intense organismele se apără în diferite feluri. La plante, de pildă, straturile de ceară, ca şi pigmenţii absorb aceste radiaţii; se dezvoltă mecanisme capabile să „repare" leziunile produse. U.V. pot provoca apariţia tumorilor maligne. Pămîntul este protejat împotriva iradierii excesive cu U.V. printr-un ecran cu ozon din atmosferă, ecran ce absoarbe o bună parte din aceste radiaţii.

Pentru insecte însă, radiaţiile U.V. sînt perceptibile. Cercetări experimentale au arătat că furnicile şi albinele percep radiaţiile U.V. şi le utilizează pentru orientare în deplasările lor pe distanţe mai lungi. Totodată, numeroase cercetări arată că insectele sînt capabile să perceapă lumina polarizată a soarelui folosind planurile de polarizare drept repere sigure în cursul deplasărilor în zone deşertice, pe timp înnourat sau în regiuni care le sînt necunoscute. De asemenea, s-a demonstrat că păsările (de exemplu, porumbelul şi alte specii) percep lumina polarizată folosind-o ca reper în orientarea în timpul migraţiilor. Totodată, această specie (ca de altfel, probabil, şi altele) este extrem de sensibilă la cîmpul magnetic al Pămîntului, utilizîndu-l ca reper în timpul „navigaţiei". În această privinţă sensibilitatea porumbelului rivalizează cu a albinei, care percepe intensităţi ale cîmpului magnetic sub 10^{-5} gauşi.

Cercetări făcute cu unele păsări migratoare de lungă distanță *(Passerina cyanea* și altele) arată că ele sînt capabile să folosească lumina stelelor, percepînd forma și poziția unor grupuri de stele (constelații) pe care le fixează în memorie (W. T. Keeton, 1974; St. T. Emlen, 1975; R. Wehner, 1976).

Alternanța între zi și noapte are numeroase implicații biologice. Unele animale sînt active în timpul zilei și se adăpostesc noaptea, așa cum se comportă numeroase păsări insectivore, frugivore, granivore, răpitoare de zi (uli, șoimi, vulturi), păsările acvatice (rațe, gîște, mulți stîrci, cormorani, pelicani, lișițe, corcodei etc.) și mamifere (mai ales ierbivorele), șopîrlele, multe broaște, foarte numeroase insecte.

Odată cu lăsarea întunericului, toată această „lume" își încetează activitatea, se retrage în adăposturi și locul ei este luat de alte specii: păsări insectivore sau răpitoare de noapte, mamifere nocturne (rozătoare, lilieci, carnivore), insecte de noapte etc. Sînt două „lumi": una de zi, alta de noapte, cu relativ puține contacte între ele.

Alternanța zilnică a luminii și întunericului reprezintă un factor important ce influențează migrațiile planctonului. Acest fenomen complex este legat de nutriția zooplanctonului în apele superficiale (mai bogate în fitoplancton) și de apărare contra planctonofagilor. Lumina joacă rolul de semnal care declanșează migrarea speciilor din zooplancton spre locurile de hrană sau, din contră, în adîncul apelor. De subliniat că la diferite specii de zooplanctoni migrațiile se produc la ore anumite și, deci, la intensități diferite de lumină, la adîncimi diferite, determinînd o anumită succesiune la sursa de hrană și, în felul acesta, permițînd animalelor să evite ascuțirea excesivă a relațiilor interspecifice.

Variațiile ritmice ale intensității luminii, după cum se vede, determină o anumită ritmicitate metabolică, fiziologică, comportamentală a plantelor și animalelor.

O deosebită importanță în viața multor specii o are lungimea perioadei luminoase a zilei.

La multe specii planctonice de rotiferi, de cladoceri, care în mod obișnuit se reproduc pe cale partenogenetică, la o anumită lungime a zilei, caracteristică pentru fiecare specie, apar și masculi și, prin reproducere sexuată, iau naștere ouăle de rezistență.

La unele specii au putut fi descoperite mecanisme fiziologice complicate, sensibile la lungimea zilei și menite să declanșeze importante procese în viața animalelor. Astfel, s-a constatat că ecloziunea fluturilor din genul *Saturnia* se produce cînd zilele au o anumită lungime. Lumina trece prin coconul pupei care a iernat și pătrunde pînă la ganglionii cerebroizi, prin niște porțiuni transparente din învelișurile părții anterioare ale pupei. Cît timp lungimea zilei este sub opt ore, pupa se află în stare de liniște, dar îndată ce durata de iluminare trece de 8 ore, celulele nervoase speciale încep să secrete un hormon care va determina ecloziunea adultului.

S-a putut demonstra că lungimea perioadei de lumină a zilei (fotoperiodism) influențează reproducerea și migrațiile unor specii de vertebrate. Astfel, fîntînelul (*Salvelinus fontinalis* — fam. *Salmonidae*) depune icrele în mod normal toamna, cînd zilele devin scurte. Dacă în condiții

experimentale lungimea zilelor este mărită în primăvară şi scurtată vara, el intră în reproducere vara.

La păsări, prin intermediul unor procese fiziologice neuro-umorale, lungimea zilei influenţează activitatea gonadelor, iar la unele specii declanşează pe această cale pregătirea migraţiilor. În sfîrşit, amintim că lungimea zilei este cea care determină intrarea în diapauză a multor specii de insecte.

Tot mai multe observaţii atestă influenţa Lunii asupra activităţii şi, mai ales, a înmulţirii diferitelor specii de animale. În unele cazuri este evident că această influenţă se datorează acţiunii luminii Lunii, în alte cazuri această acţiune este îmbinată cu forţa de atracţie a Lunii care provoacă mareele.

La mai multe specii de polichete marine, rolul fazelor Lunii în fenomenul de reproducere este evident. Astfel, polichetul *Eunice viridis* (palolo), trăind în biocenozele recifale din Polinezia, se înmulţeşte o dată pe an, în primul pătrar al Lunii din octombrie şi noiembrie. Atunci se maturează elementele sexuale şi partea posterioară a animalului, încărcată cu aceste elemente, se rupe de restul corpului ridicîndu-se la suprafaţă unde se eliberează în apă ovulele şi spermatozoizii (prin ruperea pereţilor corpului) şi în apă se produce fecundaţia. Cantitatea de animale este atît de mare încît populaţia locală le adună (*palolo* — numele local al speciei) şi le folosesc în alimentaţie. Fenomene asemănătoare s-au constatat şi la alte specii de anelide, pe coastele atlantice ale Americii de Nord şi ale Europei, pe coastele insulelor.

Pe coastele sudice ale Californiei peştele *Leuresthes tenuĭs* (aterina), trăind normal în largul oceanului, depune icrele în nisipul plajelor în timpul mareelor mari.

Toate fenomenele amintite ilustrează adaptările diferitelor specii la acţiunea ritmică, directă a luminii.

În sfîrşit, amintim că există indicii după care şi energia electromagnetică a altor corpuri cereşti decît Soarele şi Luna, mai ales radiaţiile diferitelor planete ale sistemului nostru solar, în dependenţă şi de poziţia lor în spaţiu faţă de Pămînt, exercită influenţă asupra proceselor biologice de pe planeta noastră.

Lumina poate avea şi influenţe *indirecte* dintre cele mai complexe asupra desfăşurării vieţii într-o biocenoză şi, deci, asupra relaţiilor diferitelor populaţii cu mediul. Astfel, în bălţile zonei inundabile a Dunării, dacă viiturile sînt timpurii (încep prin februarie) şi de durată, apa tulbure şi relativ adîncă lasă să pătrundă pînă la fundul bălţilor o cantitate prea mică de lumină, ceea ce nu permite dezvoltarea masivă a macrofitelor submerse. În aceste condiţii se dezvoltă un plancton bogat, fundul bălţilor este bine aerisit şi permite dezvoltarea unei bogate faune bentonice. În asemenea ani hrana pentru peşti este deosebit de bogată, iar producţia este mare. În anii cînd viiturile întîrzie, macrofitele se dezvoltă masiv acoperind întinderi mari, imobilizează în corpul lor elementele biogene din apă ceea ce nu mai permite dezvoltarea fitoplanctonului şi, deci, nici a zooplanctonului. Mişcările apei sînt încetinite, pe fundul bălţilor putrefacţiile devin foarte intense, ceea ce duce la scăderea cantităţii de oxigen, uneori la dispariţia lui completă în zonele de lîngă fund; fauna betonică

sărăcește. Aceste condiții schimbă, deci, întreaga structură a ciclurilor trofice, ca și numeroasele relații dintre specii.

Vîntul. Cînd acționează ca factor de regim, determină direct sau indirect efecte selective care se traduc prin apariția diferitelor adaptări.

Se știe, de pildă, că multe plante din cele mai diferite grupe sînt adaptate la polenizarea prin vînt. În acest caz transportul polenului fiind asigurat prin vînt, ceea ce duce la pierderea unei mari cantități de polen, una din adaptări constă în producerea polenului în cantități foarte mari. De asemenea, semințele multor plante au diferite adaptări care asigură transportul și, deci, răspîndirea speciilor cu ajutorul vîntului. Numeroase animale de apă dulce, mai ales din ape cu mari variații de nivel, ca și din cele temporare, se răspîndesc cu ajutorul vîntului în faza de ouă de rezistență, care pot fi transportate prin vînt la distanțe considerabile.

Examinarea faunei și florei insulelor mici, oceanice, expuse unor vînturi permanente, atestă acțiunea selectivă importantă a acestui factor. Se constată pe aceste insule numeroase insecte ce nu pot zbura, avînd aripi reduse, atrofiate, uneori pînă la dispariție. De pildă, în insula Madeira, din 550 specii de coleoptere cunoscute acolo, 200 sînt nezburătoare. Pe insulele mai mici de lîngă Madeira, proporția speciilor nezburătoare este și mai mare.

În insulele Kerguelen, situate în Oc. Indian la mari distanțe de continente, toate insectele locale sînt nezburătoare (coleoptere, lepidoptere, diptere — fig. 52). De remarcat faptul că formele aptere se găsesc și pe

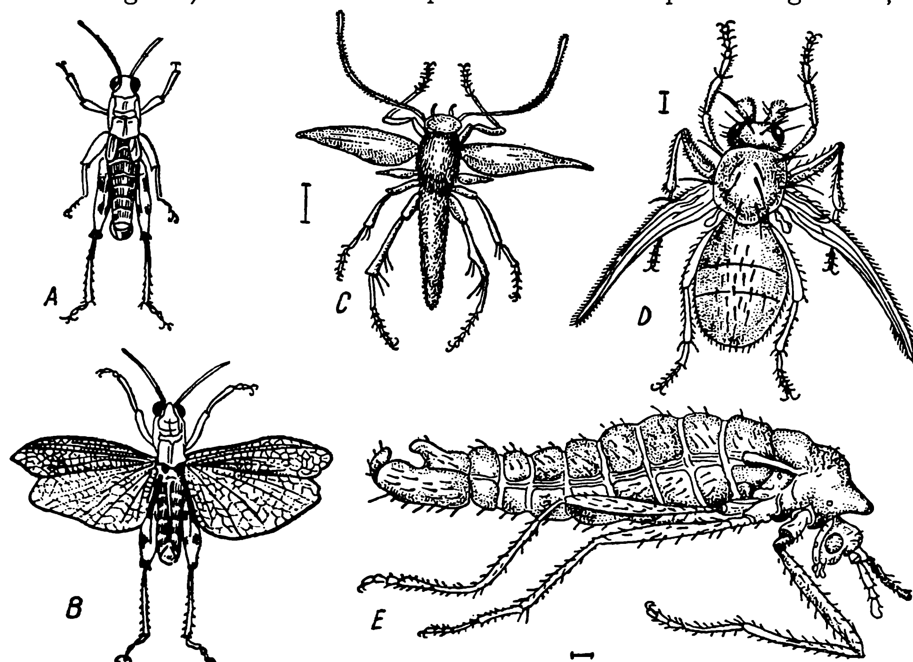


Fig. 52. Reducerea aripilor la insecte: *A* și *B* — *Podisma pedestris* (*A* — forma normală, micropteră; *B* — mutantă macropteră); *C, D, E* — insecte cu aripi reduse din insulele australe (*C* — fluturele *Embryonopsis halticella*; *D* — musca *Amalopteryx maritima*; *E* — chironomidul — dipter — *Belgica antarctica*) (din L. Cuénot, 1951).

vîrfuri de munți. Explicația, cel puțin parțială a acestor fapte, constă în aceea că la acțiunea puternică și aproape permanentă a vîntului rezistă fie insectele foarte bune zburătoare, fie cele care nu se ridică de pe sol. Zburătoarele slabe sînt luate de vînt și mor în apele oceanului sau în alte locuri neprielnice.

Cercetarea florei din insulele Kerguelen arată că, lipsind insectele zburătoare, acolo lipsesc și plantele entomofile. Toate speciile de plante din aceste insule sînt polenizate prin vînt. Chiar plantele care în alte părți sînt polenizate prin insecte, aici și-au pierdut petalele colorate și sînt polenizate prin vînt.

Cercetări mai recente (M. S. Mani, 1968) au arătat că *apterismul* apare frecvent nu numai în fauna insectelor insulare ci și în alte locuri: zone montane, zone înguste pe linia litoralului etc.

Reducerea și chiar dispariția aripilor se atribuie nu numai rolului selectiv al vîntului, ci par a fi o consecință a scurtării metamorfozei în condiții de climă aspră, a adaptării la viața tericolă, la umiditatea crescută și la alți factori.

Vîntul poate acționa și ca un factor de perturbare. Furtunile, uraganele foarte puternice pot avea efecte catastrofale asupra pădurilor, distrugînd neselectiv plante și animale. Uneori chiar și aceste acțiuni pot avea caracter selectiv. De pildă, în bălțile zonei inundabile a Dunării, vîntul puternic face ca uneori valurile să scoată la mal cantități imense de unionide din genul *Anodonta,* de vîrste prereproductive (1—3 ani), schimbînd brusc structura populațiilor. Adulții nu pot fi scoși, deoarece sînt mai grei și mai puternic înfundați în nămol. Juvenilii de *Unio,* avînd cochilia mai groasă și mai grea, nu sînt scoși pe uscat. În felul acesta, datorită acțiunii intense și de scurtă durată a vîntului se modifică și proporțiile între speciile dominante ale bentosului acestor ape cu repercusiuni complexe asupra vieții biocenozei.

Oxigenul. Este indispensabil pentru existența majorității speciilor. În atmosferă proporția lui se menține practic constantă (21% din volum) și, de aceea, nu reprezintă un factor limitant.

În mediul acvatic însă, cantitatea de oxigen este mult mai mică și mai ales variabilă. Coeficientul de solubilitate al oxigenului în apă la 0°C este de 0,04898. Deci la presiunea normală și la 0°C un litru de apă curată va conține 210 ml$\times$0,04898=10,28 ml O_2. Dar această cantitate scade pe de o parte cu creșterea temperaturii, iar pe de altă parte cu creșterea salinității. De pildă, la 20°C, un litru de apă curată conține 6,57 ml O_2, iar cu salinitate de 30‰ conține 5,53 ml O_2; la 30°C cantitățile respective sînt de 5,57 ml O_2/l și 4,65 ml O_2/l.

În afară de acești factori, și activitatea organismelor din apă poate determina variații considerabile ale concentrației de oxigen. Astfel, datorită fotosintezei intense, uneori oxigenul poate fi în exces (depășește saturația apei la temperatura dată) și atunci excesul se degajă în atmosferă. Respirația animalelor, și mai ales activitatea microorganismelor care descompun sedimentele organice de pe fundul bazinelor, determină adesea scăderi importante ale concentrației, uneori mergînd pînă la dispariția completă a oxigenului solvit în apă.

Ca și în cazul celorlalți factori, atunci cînd variațiile cantității de oxigen au caracter de regim ele acționează ca un factor de selecție ducînd la

dezvoltarea a numeroase și variate adaptări care au rostul să permită populațiilor depășirea perioadelor critice.

Adaptarea, comună multor specii acvatice, constă în faptul remarcabil că, spre deosebire de organismele terestre, speciile acvatice pot suporta variații ale cantității de oxigen solvit în apă.

Organismele care în mod normal trăiesc în ape slab oxigenate au pragul minim al concentrației de O_2 mai mic decît cele care trăiesc în ape bine aerisite.

Multe specii sînt capabile să treacă la respirație anaerobă suportînd lipsa uneori totală de O_2, timp mai mult sau mai puțin îndelungat. În aceste condiții, energia necesară menținerii metabolismului este procurată prin degradarea fermentativă a rezervelor de glicogen[1]. Din punct de vedere energetic, acest proces este neeconomic deoarece acidul lactic și alte substanțe care rezultă dintr-o asemenea folosire a glicogenului mai conțin o mare cantitate de energie. Cantitatea de glicogen consumată în aceste condiții este de circa 10 ori mai mare decît în condiții de aerare normale. În timpul acestei stări de anoxibioză, organismele în mod obișnuit nu se hrănesc (căutarea și consumul hranei necesită cheltuieli de energie), dar trăind în mediu bogat în substanțe nutritive (pe fundul apelor) pot compensa pierderile de energie printr-o nutriție activă, după restabilirea condițiilor normale.

Cîteva exemple: în zona mareelor, multe organisme rămîn descoperite în timpul refluxului. Moluștele bivalve, brachiopode, ciripede, închid bine cochiliile lor, cuprinzînd în ele o cantitate mică de apă. Oxigenul din ea este repede consumat și animalele trec la respirația anaerobă. Bivalvele pot suporta această stare timp de mai multe zile. Bivalvele de apă dulce, ca anodontele, de asemenea pot trăi în aceste condiții cîteva zile. Specii care în mod normal trăiesc în ape puternic eutrofizate (conținînd multe substanțe organice și mai puțin oxigen) ca *Tubifex tubifex* (oligochet), specii ale genurilor *Chaoborus, Chrinomus* (diptere), unele ostracode și chiar unii pești (caracuda, chișcarul — *Misgurnus*, linul), pot suporta lipsa aproape totală de oxigen solvit, vreme destul de îndelungată, mai ales dacă temperatura apei este mai scăzută. Influența temperaturii asupra acestui proces se poate vedea din faptul că, de pildă, oligochetul *Tubifex tubifex*, în lacul Wisconsin la 0,2°C suportă lipsa totală de O_2 solvit timp de 50 de zile, iar la 18—20°C doar 6—9 zile. Larvele genului *Chironomus* (tot în același lac) la 6°C trăiesc în anaerobioză 3 luni, iar la temperatură mai ridicată doar cîteva zile.

În lacul Mendota din America de Nord, în cursul lunilor de vară, în apele din apropierea fundului oxigenul lipsește complet, se produce o destul de mare concentrare a CO_2, metan și mici cantități de hidrogen sulfurat. Totuși, chiar în aceste condiții deosebit de grele, supraviețuiesc numeroase protozoare, trei genuri de viermi oligocheți, ostracode din genul *Candona* și lamelibranhiatul *Corneocyclas*.

---

[1] De remarcat faptul că același mecanism anaerob îl găsim la unele specii parazite (de pildă, ascaridele). Randamentul energetic scăzut al anaerobiozei, în acest caz, este ușor compensat prin consumul hranei din mediu (intestinul gazdei).

O altă categorie de adaptări constă în dezvoltarea unor trăsături morfologice, comportamentale menite să permită utilizarea oxigenului solvit sau a celui atmosferic de către animalele acvatice.

Unele animale care stau înfundate în nămol cum sînt multe moluște bivalve prezintă sifoane dezvoltate, uneori destul de lungi. La alte animale are loc respirație intestinală ca, de pildă, la larve de libelule, la holoturii, la unii viermi și chiar la unii pești. De exemplu, *Misgurnus fossilis* (chișcar), în lipsă prelungită de oxigen, iese la suprafața apei, înghite aerul care străbate tubul digestiv și este eliminat prin anus, pierzînd pe parcurs peste 50% din oxigen. De aceea acest pește poate rezista mult timp în afara apei.

Insectele care trăiesc în apă sînt animale secundar acvatice[1] și de aceea multe din ele au nevoie de oxigenul liber, atmosferic spre a respira. Multe larve de insecte (diptere, coleoptere) se ridică din cînd în cînd la suprafața apei și absorb aerul cu ajutorul unor sifoane speciale (de exemplu, larve de țînțari, ditiscide etc.). Multe insecte adulte, ducînd viață acvatică ca, de exemplu, unele coleoptere, prin capătul abdomenului pompează aerul în spațiul de sub elitre. *Hidrous* (buhaiul de baltă) adult respiră cu ajutorul antenelor: scoate capul din apă (deci nu partea posterioară a corpului ca la celelalte coleoptere), îndoaie fiecare antenă în așa fel încît perișorii celor două jumătăți constituie un fel de canal aerian (perișorii nu se udă în apă) prin care aerul atmosferic pătrunde spre partea abdominală a insectei acoperită cu perișori deși și formează aici o pătură de aer folosit apoi în respirație. *Dytiscus* absoarbe aerul prin capătul abdomenului, de unde pătrunde apoi în stigme completînd și spațiul de sub elitre. Dacă nu poate ieși la suprafață, de pildă din cauza gheții, el folosește rezerva de aer de sub elitre. Dacă și această rezervă se epuizează, gîndacul, așezat cu capul în jos, prin contracția mușchilor abdominali reduce spațiul de sub elitre ceea ce face ca să apară la capătul abdomenului o veziculă cu gaze în care O_2 lipsește dar se află mult CO_2. Prin difuziune CO_2 din veziculă se dizolvă în apă, iar O_2 din apă trece în veziculă. Apoi aceasta este absorbită sub elitră și servește la respirație. Un mecanism asemănător îl întîlnim la gasteropodul pulmonat acvatic *Planorbis*, atunci cînd se află în condiții dificile de respirație.

În sfîrșit nu putem trece peste o categorie mare de adaptări respiratorii, constînd în dezvoltarea simbiozei dintre diferite animale acvatice și alge.

În celulele a numeroase specii de protozoare, celenterate (hidra, unele actinii etc.), la unii viermi *(Convoluta roskoffensis)* se găsesc adesea în număr mare celule de alge monocelulare, ca așa-numitele zooxantele (genul *Cryptomonas*) și zoochlorele (fig. 53) *(Chlorella, Cartesia)*. Oxigenul eliberat de alge în procesul fotosintezei este folosit în respirație de animalele respective.

Variațiile cantității de oxigen din apă pot avea însă și un caracter de perturbări prin scăderea bruscă, neașteptată a cantității de oxigen,

[1] Specii *secundar acvatice* sînt cele de origine terestră care au trecut apoi la viața acvatică, spre deosebire de cele *primar-acvatice* a căror origine este în mediul acvatic.

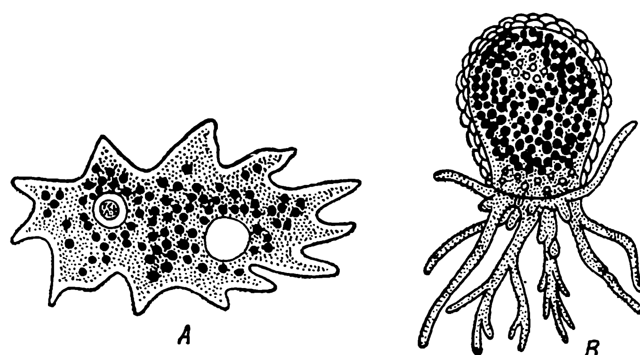


Fig. 53. Mutualism: *A* – *Amoeba viridis* cu zoochlorele; *B* – *Heleopora picta* (thecamoebian) cu zoochlorele (după H. Füller, 1958).

fapt care se soldează cu mortalitatea în masă, uneori catastrofală, a multor animale acvatice.

De pildă, în jepşele Dunării sau ale zonei inundabile a Dunării invadate cu macrofite submerse, în unele gîrle sau canale prin care se scurge apa din ghioluri, în timpul unor nopţi de vară, spre dimineaţă, cantitatea de oxigen solvit adesea scade sub limita de rezistenţă a unor specii care mor în masă. Dintre peşti, cea mai sensibilă pare a fi ştiuca.

În unele fluvii ca Obi (din Siberia), în care se varsă afluenţi importanţi venind din zone mlăştinoase cu puternice putrefacţii, iarna se produc scăderi critice de O_2 solvit ducînd la mortalitatea catastrofală a peştilor şi a altor animale.

Asemenea fenomene au consecinţe indirecte complexe, modificînd temporar dar profund numeroasele relaţii dintre speciile componente ale biocenozei.

Salinitatea (sau cantitatea, ca şi calitatea substanţelor minerale dizolvate în apă). Reprezintă un important factor în viaţa speciilor acvatice. Deoarece acest factor atît sub aspectul concentraţiei sărurilor cît şi a proporţiilor dintre diferiţii ioni este variabil, el poate acţiona fie cu caracter de regim, devenind un important factor selectiv, fie cu caracter de perturbare, devenind un factor limitant în răspîndirea şi înmulţirea diferitelor specii.

Deosebirea între salinitatea (S‰) apelor dulci şi a celor marine este considerabilă, atît cantitativ cît şi calitativ. Ea se poate vedea din tabelul 6.

Importantă este şi deosebirea în proporţiile principalilor cationi (tab. 7).

Tabelul 6

Comparaţie între salinitatea apelor dulci şi cele oceanice

Ape	S ‰	Sulfaţi %	Cloruri %	Carbonaţi %
Apa dulce	0,5	13,2	6,9	79,9
Apa oceanică	35	10,8	88,8	0,4

Tabelul 7

Comparație între proporția principalilor cationi din apele dulci și oceanice

Ape	S ‰	Ca^{++} %	Mg^{++} %	Na^{+} %	K^{+} %
Apa dulce	0,5	64	17	16	3
Apa oceanică	35	11	4	31	1

Acestea sînt valori medii, care pot varia în spațiu (în diferite ape) și în timp (în aceeași apă). Unele mări (Neagră, Caspică, Aral), golfuri marine etc. au valoarea salinității cuprinsă între 0,5‰ și 35‰ (ape salmastre); există și ape hipersaline cu S‰>35 putînd ajunge chiar la valori ce depășesc 100—200‰. La noi în țară, de pildă, apele din Lacul Sărat, din Techirghiol intră în această categorie. Precipitațiile abundente sau, din contră, evaporarea intensă sau aportul exogen de substanțe minerale pot determina variații importante atît în concentrația sărurilor cît și în proporțiile lor.

Organismele acvatice, atît plante cît și animale, sînt confruntate cu două probleme importante: menținerea bilanțului hidric al organismului la o valoare relativ constantă și, totodată, menținerea echilibrului ionic din umorile organismului.

Bilanțul hidric al organismelor acvatice depinde de raportul dintre presiunea osmotică a apei înconjurătoare și aceea a mediului intern: dacă presiunea osmotică a mediului intern este mai mică decît a apei, atunci apa va tinde să iasă din organism (tendința de echilibrare a presiunii osmotice din cele două medii). Dacă această diferență se menține la o valoare ridicată, organismul va suferi o deshidratare intensă, oricît de paradoxal ar părea acest fenomen la prima vedere, dat fiind că este vorba de organisme ce trăiesc în apă. Dacă presiunea osmotică internă va fi mai mare decît cea externă, atunci apa din mediu va pătrunde în organism, determinînd o hidratare mai mult sau mai puțin intensă a lui. Ambele fenomene, deshidratarea și hidratarea excesivă a organismului, sînt la fel de dăunătoare.

Echilibrul ionic al mediului intern al organismelor depinde de proporțiile dintre diferiții ioni cu roluri fiziologice diferite. Aceste proporții sînt diferite de cele din mediul extern și modificarea lor, dincolo de anumite limite, este fatală.

Dacă variația salinității mediului (sub aspect cantitativ și sub aspectul proporțiilor dintre săruri) reprezintă un fenomen normal cu caracter de regim, la organisme se elaborează mecanisme (adaptări) morfofiziologice și comportamentale menite să regleze parametrii respectivi menținînd valoarea lor între anumite limite, compatibile cu supraviețuirea.

În unele cazuri, problema poate fi rezolvată prin elaborarea comportamentelor potrivite, care permit menținerea organismelor în zona cu salinitatea cea mai potrivită și evitarea zonelor necorespunzătoare (evitarea curenților cu apa prea sărată sau prea dulce, migrații la anumită adîncime cînd apele superficiale se îndulcesc excesiv din cauza precipitațiilor etc.).

În cele mai multe cazuri însă, se dezvoltă adaptări morfo-fiziologice variate. Astfel, evitarea deshidratării se realizează prin menţinerea unei concentraţii mai mari a sărurilor în mediul intern, prin înghiţirea activă a apei.

La o serie de alge *(Ceramium rubrum, Melosira)*, la unele moluşte *(Mytilus, Macoma, Mya)* şi la unii crustacei, odată cu creşterea salinităţii mediului concentraţia sărurilor din mediul intern creşte astfel încît se menţine mereu la valori hipertonice.

Există şi specii homeoosmotice hipotonice (la care presiunea osmotică este relativ constantă şi mai mică decît a mediului). În această situaţie sînt multe larve acvatice ale insectelor, o serie de crustacei, peşti. În asemenea cazuri, animalele luptă împotriva deshidratării prin înghiţirea activă a apei (compensînd în felul acesta pierderile de apă) şi prin eliminarea unei urine hipertonice (eliminînd în felul acesta excesul de săruri).

Pericolul hidratării excesive apare la organismele care în mod normal sînt hipertonice, cum sînt multe specii dulcicole. Adaptările constau fie în dezvoltarea unor învelişuri rezistente osmotic şi mecanic, fie în intensificarea eliminării apei prin diferite organe de excreţie, excretele fiind hipotonice. De pildă, la *Paramoecium*, cu cît scade salinitatea din mediul extern şi, deci, creşte caracterul hipertonic al mediului intern, şi odată cu acesta pericolul hidratării, vacuola contractilă pulsează mai frecvent eliminînd mai mult lichid.

În apa cu salinitate crescută, vacuola pulsează mai rar, iar la multe protozoare marine vacuola pulsatilă lipseşte.

La unele moluşte de apă dulce (de exemplu, *Anodonta)*, crustacei *(Potamobius)*, peşti dulcicoli, menţinerea hipertoniei se realizează prin eliminarea urinei hipotonice.

Menţinerea echilibrului ionic al mediului intern, deci a proporţiilor dintre sărurile componente, proporţii caracteristice fiecărei specii, devine necesară deoarece din mediu, în mod direct sau prin hrană, pătrund în organism diferite substanţe iar prin excreţie sînt eliminate o serie de săruri ceea ce tinde mereu să modifice proporţiile lor.

E. Pora (1970) arată că echilibrul ionic, deci valoarea raportului dintre ioni cu acţiune fiziologică antagonistă (de exemplu, Na^+ care sporeşte permeabilitatea membranelor pentru apă şi Ca^{++} care o diminuează) pe care îl denumeşte *rhopie* (de la grecescul *rhope*=echilibru), reprezintă un factor al mediului cel puţin la fel de important ca temperatura, lumina, presiunea osmotică etc.

Menţinerea echilibrului ionic se produce pe de o parte în mod pasiv, în virtutea forţelor difuziunii, cînd prin învelişurile corpului (prin pereţii şi membranele celulare) substanţele din mediu pătrund în organism sau, din contră, ies din organism tinzînd către echilibrarea concentraţiei în ambele medii. Viteza de difuzie depinde de dimensiunile moleculelor şi de gradul lor de polarizare. Moleculele mici şi apolare pătrund cel mai uşor; moleculele puternic polarizate, ca de pildă ale electroliţilor, pătrund cel mai greu.

Pe de altă parte, are loc şi un schimb activ al sărurilor în urma dezvoltării unor organe, unor celule speciale, capabile să elimine sau să absoarbă anumite săruri chiar contrar forţelor difuziunii.

Pe ambele căi, organismele se apără împotriva dereglării parametrilor fizico-chimici caracteristici ai mediului intern.

pH-ul mediului (al solului, al apei). Ca şi alţi factori abiotici, *p*H-ul acţionează atît ca factor de regim, cît şi ca factor limitant.

În sol *p*H-ul reprezintă unul din factorii determinanţi ai dezvoltării și răspîndirii multor specii de plante şi de animale. Astfel, multe plante se dezvoltă doar pe soluri acide (*p*H<5) ca, de exemplu, *Deschampsia flexuosa, Empetrum nigrum, Vaccinium myrtillus, Lathyrus palustris, Monilia coerulea* etc. Prezenţa pe un sol a unor asemenea specii reprezintă un indicator al acidităţii solului. Specii de *Sphagnum* se dezvoltă în turbării cu *p*H scăzut.

Alte specii sînt adaptate la soluri cu valoarea *p*H-ului apropiată de neutru (*p*H≈7), ca de pildă *Angelica silvestris, Agrostis alba, Tussilago farfara, Carex capillaris, Equisetum palustre* etc.

Important de menţionat este faptul că dacă dezvoltarea plantelor depinde adesea de *p*H-ul solului, la rîndul său acest factor poate fi influenţat de plantele care populează terenul respectiv. Astfel, se constată că litiera în pădurile de foioase are o reacţie slab acidă (în unele cazuri *p*H=5,5—6,1); litiera pădurilor de conifere are un *p*H=3,5—4,6. Desigur, această aciditate a litierei (frunzarului) pădurii influenţează *p*H-ul straturilor mai adînci ale solului şi de aici asupra florei bacteriene, algale ca şi asupra faunei din sol. Este firesc, deci, că şi multe specii de animale trăind în soluri sînt adaptate la anumite valori ale *p*H-ului. De pildă, unele protozoare din grupul *Thecamoeba* ca *Centropyxis vandeli* preferă soluri cu *p*H<6, altele ca *Difflugia lucida* sînt localizate în soluri cu *p*H-ul cuprins între 6 şi 7, multe specii preferînd soluri neutre.

Lumbricidele de obicei nu suportă soluri prea acide, iar moluştele preferă soluri neutre sau slab alcaline. *p*H-ul apelor are o influenţă complexă asupra plantelor, animalelor, asupra întregii activităţi şi a productivităţii biocenozelor.

Datorită faptului că *p*H-ul influenţează activitatea multor enzime implicate în procesul respiraţiei, al fotosintezei, întreaga activitate metabolică legată de creşterea, înmulţirea, dezvoltarea și deci productivitatea biologică poate fi afectată de schimbările acestui factor.

Animale trăind într-un mediu cu *p*H-ul relativ constant nu suportă variaţii mari ale acestuia. Astfel, în apele marine *p*H-ul este cuprins de obicei între 8,1—8,3, iar animalele marine nu suportă variaţii decît între 6—8,7. Unele forme sînt extrem de sensibile. De pildă, infuzorul *Stentor coeruleus* poate trăi doar în ape cu un *p*H cuprins între 7,7 și 8. Animalele din turbării cu *Sphagnum* sînt adaptate la un *p*H scăzut (între 3—4) ca, de exemplu, diferiţi infuzori, rotiferi.

Deoarece *p*H-ul apei este influenţat de substanţele solvite în apă, ca de exemplu cantitatea de CO_2, apare evident că activitatea fotosintetică a plantelor, respirația animalelor, ca și activitatea microorganismelor vor exercita influenţe mai mari sau mai mici asupra variaţiilor zilnice, sezoniere ale *p*H-ului.

Exometaboliţii. S-au arătat anterior efectele biologice ale unor factori chimici majori cu rol important în desfăşurarea selecţiei. Această analiză este însă departe de a epuiza problemele vaste și complexe ale rolului biologic al diferitelor substanţe chimice din mediu.

Prin activitatea metabolică, în timpul vieţii, prin degradarea substanţelor organice după moarte, fiecare organism elimină în mediu numeroşi compuşi chimici mai mult sau mai puţin volatili, mai mult sau mai puţin solubili care, în felul acesta, se pot răspîndi pe spaţii adesea foarte întinse. Ca urmare, fiecare organism trăieşte într-o adevărată „ambianţă chimică".

Aceşti componenţi chimici ai mediului abiotic pot acţiona asupra vieţuitoarelor în cele mai diferite feluri. Unii compuşi pot avea un preponderent rol informaţional, semnalizînd apropierea duşmanului sau a prăzii, starea fiziologică a sexelor şi înlesnind întîlnirea dintre ele, înlesnind orientarea în spaţiu a animalelor etc. Alţii pot avea rol trofic, servind drept surse de energie. Unii componenţi pot avea efecte toxice sau doar repelente (respingătoare), alţii pot funcţiona ca atractanţi. Unii compuşi pot favoriza reproducerea unor organisme, pot orienta procesele reproductive în anumite forme şi sensuri la animalele coloniale, pot determina forme ale relaţiilor de grup în coloniile animalelor, după cum alţi componenţi pot inhiba maturarea şi reproducerea animalelor din aceeaşi specie sau din specii diferite. În toate aceste cazuri se creează numeroase căi şi mijloace chimice de comunicaţie, interacţiune şi reglare a relaţiilor dintre specii sau în interiorul speciilor. Aceste efecte justifică denumirea de *substanţe ectocrine,* prin analogie cu cele endocrine (hormonii) sau denumirea generală de exometaboliţi.

Avînd caracter de regim (vezi *4.1. Generalităţi*), exometaboliţii influenţează mersul selecţiei, duc la apariţia şi dezvoltarea a nenumărate adaptări. Este firesc că una din adaptările esenţiale este sensibilitatea, adeseori uimitoare, a celor mai diferite organisme, de la bacterii pînă la om, la variaţiile factorilor chimici. Cercetări efectuate pe *Escherichia coli* arată că această bacterie posedă cel puţin 20 chemosensori capabili să „identifice" diferiţi compuşi atractanţi sau repelenţi şi să provoace răspunsul adecvat al bacteriilor (J. Adler, 1976). La cealaltă extremă se admite că omul, cu simţul mirosului relativ slab dezvoltat faţă de a altor animale, totuşi poate percepe pînă la 10 000 mirosuri diferite (A. Tambiev, 1974).

Dată fiind difuzarea lesnicioasă şi rapidă a substanţelor în mediu (sol, apă, aer), dată fiind marea sensibilitate a organismelor faţă de aceşti componenţi (ceea ce reduce la minimum cantităţile necesare), apare firesc ca emiterea (producerea) de substanţe şi recepţia (consumul) lor să devină mijloace foarte economice şi, totodată, eficiente pentru îndeplinirea unor importante funcţii informaţionale, energetice, organizatorice în relaţiile intra- şi interspecifice.

O clasificare riguroasă a exometaboliţilor este greu de făcut datorită diversităţii lor chimice, datorită faptului că şi rolul lor biologic se poate modifica în funcţie de concentraţie, de starea fiziologică a organismelor receptoare, de interacţiunea cu alţi factori fizici sau chimici ai mediului.

A. Tambiev (1974) clasifică exametaboliţii după funcţiile pe care le îndeplinesc în biocenoze sau în populaţii. În linii mari adoptăm aici această clasificare, care cuprinde patru mari grupe de substanţe: metaboliţi cu rol informaţional; metaboliţi cu rol trofic; metaboliţi cu

rol în înmulțirea, creșterea și dezvoltarea organismelor; metaboliți toxici, cu rol de „armă biologică".

Vom examina, succint, fiecare din aceste categorii.

Metaboliții cu rol informațional. Sub formă gazoasă sau solviți în apă, acționează asupra organelor de simț chimic (miros, gust) și determină orientarea în deplasările animalelor, în găsirea hranei, evitarea dușmanului sau au alte efecte.

Orientarea în spațiu. Observații făcute în natură și cercetări experimentale arată că multe specii de pești, în migrațiile lor, se orientează după miros. O serie de specii de salmonide se reproduc pe cursurile superioare ale rîurilor în apa rece și bine oxigenată. Puietul migrează în mare de unde, după cîțiva ani, la maturitate, peștii se întorc în rîurile în care s-au născut, spre care se orientează după „mirosul apei", specific fiecărui rîu. Mirosul apei rîului este dat de metaboliții eliminați în apă de către plantele și animalele care-l populează, poate și de substanțele minerale dizolvate. El este foarte constant și persistent. Se admite că dacă un rîu are la vărsarea în mare un debit de 6 000 m^3/s, salmonidele îi percep mirosul apei pînă la distanță de 800 km de la vărsare. Din două pîraie, în amonte de confluența lor, au fost capturați pești și au fost marcați. La unii li s-au astupat nările. După ce au fost eliberați în aval de confluență, s-a constatat că peștii cu nările astupate s-au întors în pîraie la întîmplare, pe cînd peștii cu nările libere s-au întors fără greș în pîrîul din care au fost capturați.

Broasca țestoasă oceanică *Chelonia mydas* se hrănește în Oc. Atlantic, pe lîngă coastele Braziliei. Se reproduce pe insula Ascension, la 1 400 mile de locul de hrană. Cercetările efectuate arată că în migrația lor către locul de reproducere broaștele țestoase se orientează după corpuri cerești și după „mirosul" insulei adus de vînt și de curentul ecuatorial (Archie Carr, 1965).

Mirosul are un rol important în migrațiile balenelor, delfinilor și a altor mamifere acvatice. În urma unei balene rămîne o dîră de miros care persistă zile întregi, servind orientării altor balene. Fiind mereu reînnoit, mirosul determină stabilirea unor căi de deplasare a acestor animale, gruparea lor în cîrduri.

Furnicile în deplasările lor marchează drumul cu mici cantități de substanță cu miros foarte specific, după al cărui gradient se orientează alte furnici din același furnicar. La întoarcerea către furnicar drumul este marcat numai în cazul în care furnica transportă o pradă. În acest fel, alte furnici se îndreaptă către sursa de hrană. Dacă sursa este epuizată, marcarea nu se mai face.

Mirosul prăzii (hranei) și al dușmanului. Se știe foarte bine că multe animale își găsesc hrana sau percep prezența dușmanului *după miros*. Evaluările cantitative arată că sensibilitatea animalelor față de mirosul hranei sau al dușmanului este uimitoare. De pildă, rechinii (după observații făcute din aer) simt mirosul sîngelui de la distanțe de 2 km. Rechinii intră în agitație cînd în bazinul în care se află se introduce apa dintr-un alt bazin în care, timp de 20 minute, au stat pești.

Anghila percepe alcoolul feniletilic în diluție de $3 \cdot 10^{-18}$, iar iononul în diluție de $5 \cdot 10^{-15}$. Carasul distinge mirosul de cumarină în dilu-

ție de 10^{-17}. Drosofilele simt de la mare distanță mirosul fructelor răscoapte care intră în fermentație.

Mirosuri de alarmă. Din pielea rănită a peștilor sînt eliminate substanțe care alarmează alți pești și-i fac să se îndepărteze. Aceste substanțe persistă multă vreme în apă. Mamiferele marine și urșii polari elimină prin piele substanțe care constituie factori de alarmă pentru pești. Peștii se alarmează dacă în apă este scufundată o labă de urs sau o bucată de piele de la leul de mare. Una din substanțele de alarmă este aminoacidul L-serina, care produce efectul de alarmă în diluție de $8 \cdot 10^{-10}$. Substanțele de alarmă (denumite *toriboni* — J. D. Kirschenblat, 1968) sînt produse și de insecte. Albina înțepînd un dușman lasă pe suprafața corpului acestuia și o substanță volatilă care alertează alte albine făcîndu-le să atace dușmanul. Reacții asemănătoare le au și viespile, furnicile. Persistența acestor substanțe este mică, doar 5—10 minute. Substanțele de alarmă ale furnicilor conțin hidrocarburi, terpeni, metilcetone, acizi organici.

Feromonii. Prin acest termen, introdus în 1959 de către P. Carlson, sînt desemnați exometaboliții care influențează procesele de dezvoltare sau (și) comportamentul altor animale din aceeași specie, dar pot exercita diferite influențe și asupra altor specii.

Deoarece feromonii sînt legați mai ales de desfășurarea relațiilor intraspecifice, îi vom examina la capitolul respectiv. Aici doar vom menționa faptul că feromonii reprezintă de obicei amestecuri complexe de mai multe substanțe, cu rol specific, determinat de proporțiile substanțelor. Unii feromoni pot atrage indivizi din aceeași specie, pot inhiba dezvoltarea altor specii apropiate, împiedică încrucișarea dintre specii diferite.

O sensibilitate deosebită o au multe animale față de feromonii cu funcție de *atractanți sexuali*. De pildă, masculii fluturelui *Saturnia* (ochi de păun de noapte) se orientează către femelele ținute captive, de la o distanță pînă la 11 km. Calculele arată că dacă tot conținutul glandei mirositoare a femelei s-ar răspîndi în aer, atunci la o asemenea distanță ar ajunge cam o moleculă de substanță la 1 m^3 aer. Deci, cantități practic infinitezimale sînt suficiente pentru a fi percepute de masculi și a-i orienta către femelă. Experiențe asemănătoare au fost făcute și cu alte specii de fluturi.

De la femelele fluturelui de mătase *(Bombyx mori)* a fost izolat atractantul sexual denumit *bombicol*. Această substanță, care în forma ei volatilă este hexadien-10, 12-ol-1, provoacă agitația masculilor în cantitate de 10^{-18} g. De remarcat că masculii deosebesc diferiți stereoizomeri ai bombicolului, obținuți pe cale sintetică. Din femelele de *Porthetria (Limantria) dispar* s-a obținut atractantul sexual în stare pură denumit *disparlur*, care reprezintă cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecan. O femelă elaborează cam 0,1 μg de atractant, suficient pentru a atrage aproximativ un milion de masculi (Disparlur-ul preparat sintetic este folosit în lupta contra acestui dăunător periculos). Atractantul sexual al ortopterului *Periplaneta americana* este 2,2-dimetil-3-izopropiliden-ciclopropionat și determină reacția masculilor în concentrație de 10^{-4} μg.

S-a constatat că femelele fluturilor emit atractanți sexuali la anumite ore, iar unele încă în stadiul de pupă, înainte de eclozare. Multe

animale acvatice produc, de asemenea, atractanţi sexuali: femelele copepodului *Labidocera aestiva,* creveţilor *Leander serratus* şi *L. squilla,* ale crabului *Carcinus maenas.*

Metaboliţi cu rol trofic. Numeroase substanţe eliminate în mediu de cele mai diferite organisme sînt utilizate în alimentaţia altora — ca sursă de energie sau ca substanţe biologic active (hormoni, vitamine). Se apreciază că în apa mărilor cantitatea de substanţă organică dizolvată se ridică la $2 \cdot 10^{12}$ tone, depăşind biomasa organismelor acvatice.

Bacteriile elimină în sol şi în apă variate substanţe organice, utilizate apoi de alge sau de alte bacterii. De pildă, vitamina B_{12} eliminată de bacterii este folosită de alge şi apoi de întreaga reţea trofică din ape. Succesiunile florei bacteriene sînt determinate de metaboliţii eliminaţi, deoarece unele grupe de bacterii au nevoie de metaboliţi produşi de alte grupe.

La rîndul lor, algele produc numeroşi metaboliţi utilizaţi de bacterii, ca şi de alte grupe de organisme. Algele marine monocelulare elimină în apă numeroase zaharuri (polizaharide şi heteropolizaharide), peptide şi alte substanţe organice. În apa oceanică au fost identificate numeroase substanţe azotoase (proteine, aminoacizi), hidraţi de carbon, lipide, acizi organici, vitamine, hormoni, complexe organo-metalice etc. Alga *Oscillatoria splendida* elimină în mediu numeroşi acizi organici (oxalic, malic etc.).

După îndelungate discuţii cu privire la rolul trofic al substanţelor organice dizolvate în apă, astăzi se admite că numeroase plante inferioare şi superioare, ca şi animale din diferite grupuri (rotiferi, crustacei inferiori, insecte, puietul de peşti etc.), le pot folosi în alimentaţie. Nectarul produs în florile multor plante este şi el un exometabolit cu important rol trofic pentru multe animale, pentru funcţionarea normală a unor vaste reţele trofice. Secreţiile afidelor, atît de căutate de furnici, de asemeni reprezintă exometaboliţi trofici.

Pe cale experimentală, s-a putut demonstra că şi exometaboliţii gazoşi pot avea rol trofic. Astfel, bacterii din genul *Pseudomonas,* pe mediu lipsit de substanţe organice, se dezvoltau normal utilizînd exometaboliţi gazoşi produşi de actinomicete (A. H. T a m b i e v, 1974).

Metaboliţi cu rol în înmulţirea, creşterea şi dezvoltarea organismelor. Numeroase substanţe organice eliminate în mediu de către diferite organisme influenţează înmulţirea, creşterea, dezvoltarea organismelor din aceeaşi specie sau din alte specii, îndeplinind în acest caz un adevărat rol de reglare a structurii biocenozelor şi chiar a succesiunii speciilor în biocenoze.

Antibioticele eliminate de diferite ciuperci au rol multiplu. Ele inhibă de pildă înmulţirea unor bacterii, dar în acest fel devin (indirect) favorabile altor organisme care concurează cu bacteriile respective pentru resurse de hrană.

Este posibil ca succesiunea grupelor de alge din plancton şi a animalelor din zooplancton să se datoreze, cel puţin în parte, diferiţilor metaboliţi eliminaţi în apă. Metaboliţii eliminaţi în apă de către alge au efecte multiple şi determină faptul că multe animale planctonice evită aglomerările de alge cu care în mod obişnuit se hrănesc. Experimental, s-a putut stabili că în culturi de fitoplancton celulele senescente

eliberează un produs care determină întreruperea nutriţiei şi chiar moartea cladocerului *Daphnia magna*. Metaboliţii eliminaţi de algele fitoplanctonice influenţează viteza de filtrare la cladocere, intensitatea de nutriţie la cirripede, la stridii. În perioada de „înflorire" (explozie numerică) a algelor, metaboliţii eliminaţi pot provoca moartea multor animale. Metaboliţii produşi de alge cianoficee, de pildă, inhibă dezvoltarea ouălor unor broaşte. Substanţe eliminate de unele specii ale genului *Glyceria* influenţează complex şi puternic dezvoltarea unor insecte: după cîteva ore inhibă dezvoltarea larvelor de odonate şi în cîteva minute omoară odonate adulte.

Fiziologul german H. Molisch, în al treilea deceniu al secolului nostru, a propus ca ştiinţa care se ocupă cu studiul interacţiunii chimice dintre plante să fie denumită *alelopatia*. Cercetările din acest domeniu devin tot mai complexe şi importante. S-a putut arăta că multe plante degajă în mediu substanţe care pot influenţa pozitiv sau negativ alte plante din vecinătate, putînd avea un rol însemnat în alcătuirea biocenozelor.

Pirul *(Agropyron repens)* elimină în mediu, printre alte substanţe, una specifică — *agropiren*. Se pare că acestei substanţe i se datorează faptul că multe plante sînt inhibate în apropierea pirului. Dacă pirul este semănat cu 14 zile înaintea ovăzului, acesta din urmă este inhibat. Agropirenul are acţiune antibiotică asupra unor ciuperci şi bacterii.

Frunzele nucului *(Juglans)* elimină substanţa *iuglon*. Spălată de pe frunze şi ajunsă în sol inhibă dezvoltarea a numeroase plante. Acelaşi efect îl are *absintina* eliminată de pelin *(Artemisia absinthium)*. *Camelina alyssum*, care adesea invadează semănăturile de in, elimină în sol o substanţă cu puternic efect inhibitor asupra inului, putînd duce la importante scăderi ale recoltelor.

În formaţiile vegetale arbustive de tip semiarid mediteranean, din America, Australia, Africa, Europa, substanţele cu efect alelopatic produse de unii arbuşti se acumulează în perioada secetoasă; în perioada de ploi, ele sînt spălate şi ajung în sol unde inhibă germinarea şi creşterea multor altor specii de plante şi chiar ale propriilor specii. Aceste formaţii vegetale sînt adesea incendiate pe cale naturală (datorită fulgerelor) sau de către om. Focul distruge atît sursa substanţelor alelopatice, cît şi aceste substanţe acumulate în sol. Ca urmare, după trecerea focului apar specii ierboase din seminţele ce existau în sol. Dar, pe măsura refacerii formaţiilor arbustive, germinarea şi creşterea plantelor ierboase sînt din nou inhibate; ele vor putea creşte după o nouă incendiere.

La fel de complexă este acţiunea *ectorinelor* de origine animală. În unele cazuri s-a demonstrat rolul lor în reproducere. Astfel, eliminarea în apă a spermei stridiilor, împreună cu alte secreţii care o însoţesc, determină intensificarea ritmului de absorbţie a apei de către alţi masculi, iar la femele determină eliminarea produşilor sexuali. În felul acesta, se declanşează o reacţie de grup favorabilă reproducerii populaţiei. Fenomene asemănătoare au loc şi la peşti la care masculii unor specii elimină în apă o substanţă apropiată de hormonii steroizi şi care stimulează depunerea icrelor. La femelele de *Rhodeus amarus* această substanţă provoacă creşterea ovipozitorului. Observaţii şi experienţe efec-

tuate la rozătoare arată că la specii de șoareci, hîrciogi etc. substanțele mirositoare emise de masculi au o puternică influență asupra ciclului sexual al femelelor și în general asupra proceselor legate de reproducere.

Din cele relatate se poate conchide că, datorită acestor exometaboliți, se produc importante efecte de reglare a relațiilor biocenotice, fapt care justifică denumirea de *substanțe ectocrine* — prin analogie cu efectul reglator al hormonilor (substanțe endocrine).

Metaboliți toxici. Numeroase plante și animale produc diferite substanțe toxice, neplăcute la gust sau miros, *repelente* (respingătoare); la unele specii aceste substanțe nu sînt eliminate în mediu, deci nu reprezintă exometaboliți. Ele intră în funcție numai cînd organismul respectiv este atins sau consumat: latexul euforbiaceelor, lichidul urticant al urzicii sau din cnidoblastele celenteratelor. Exometaboliții toxici sînt substanțe cu efecte toxice, eliminate în mediu și care-și exercită efectul la distanță. În sensul acesta pot fi menționate substanțele toxice eliminate în apă de numeroase specii de alge cianoficee *(Anabaena, Microcystis, Aphanizomenon* etc.). Toxinele eliminate sînt de natură proteică și au puternice efecte antibiotice, bactericide, efecte asupra algelor, asupra nevertebratelor și vertebratelor.

Numeroase plante superioare produc exometaboliți volatili cu puternice efecte bactericide și toxice. Aceste substanțe, denumite *fitoncide,* apără plantele de atacul bacteriilor, precum și al diferitelor animale. Efectele fitoncidelor sînt adesea extrem de puternice și eficiente. De pildă, fitoncidele reprezentate de substanțe volatile produse de ceapă sau usturoi în cîteva minute omoară bacterii, ciuperci, protozoare și chiar bacilul tuberculozei care este deosebit de rezistent la acțiunea diferitelor substanțe chimice. Se cunosc plante care produc substanțe volatile cu efecte toxice foarte puternice și periculoase asupra vertebratelor și a omului.

Exometaboliți toxici sau repelenți se cunosc și la unele animale: acidul formic produs de furnici, cantaridina produsă de coleopterul *Lytta vesicatoria,* substanțe repelente rău mirositoare produse de dihor și sconcs.

*

În încheiere la această problemă privind rolul factorilor abiotici în desfășurarea selecției, trebuie subliniat un aspect deosebit de important. Trebuie ținut seama de faptul că numai în condiții experimentale poate fi separată acțiunea factorilor. În condiții naturale, factorii abiotici din biotopul unei populații *acționează totdeauna simultan și corelat.*

De pildă, temperatura ridicată a apei la suprafața unui lac este corelată cu stratificarea termică și chimică a apei, cu desfășurarea curenților de convecție, cu solubilitatea carbonaților, a oxigenului etc.

Consecința acestei interacțiuni a factorilor abiotici este aceea că adaptarea speciilor nu se produce separat pentru fiecare factor, ci are și ea un caracter complex și se elaborează față de acțiunea factorilor abiotici corelați. Din această cauză, adaptările afectează simultan cele mai diferite caractere: morfologice, fiziologice, biochimice, comportamentale.

Vom ilustra această concluzie cu un exemplu, elucidat în ultima vreme. Este vorba de adaptarea unor plante la acțiunea concomitentă a

aridității (umezeală scăzută, temperatură ridicată) și a luminii foarte intense, deci condiții caracteristice zonelor calde și uscate, deșertice.

În paragraful consacrat influenței umidității, din acest capitol, s-a arătat că plantele, în condiții de uscăciune, trebuie să facă față unor situații contradictorii: economisirea maximă a apei (necesară în fotosinteză și în alte procese metabolice) prin reducerea transpirației, ceea ce implică închiderea stomatelor; necesitatea transpirației pentru absorbție și transportul sărurilor minerale, precum și pentru a nu permite ridicarea excesivă a temperaturii corpului, ceea ce implică deschiderea stomatelor, impusă și de necesitatea pătrunderii CO_2 și O_2 din aer în frunză.

S-au arătat mai multe căi prin care diferite specii „rezolvă" aceste probleme. La aceasta, trebuie adăugat că numeroasele reacții chimice ale procesului fotosintezei sînt influențate diferit de diferiți factori: intensitatea și calitatea luminii influențează preponderent viteza unor reacții, iar temperatura altora, cantitatea de CO_2 din spațiile intercelulare influențează viteza altor reacții. Desfășurarea globală a fotosintezei și, deci, a creșterii plantei, va reflecta influența corelată a acestor factori.

Închiderea stomatelor, prin care se împiedică pierderea apei, oprește pătrunderea de CO_2 în frunze. CO_2 rămas în spațiul intercelular scade repede, fiind folosit în fotosinteză. Concentrația normală a CO_2 în aer este de circa 300 ppm (părți pe milion) (0,03%). Cele mai multe plante pot folosi CO_2 din spațiile intercelulare, pînă cînd concentrația lui ajunge la 50 ppm (0,005%) sub care nu numai că nu-l mai pot utiliza, dar îl pierd prin respirație. Este evident că în condiții extreme de uscăciune, temperatură ridicată și lumină intensă, selecția va favoriza apariția unor mecanisme biochimice și histologice care vor permite utilizarea mai eficientă (mai complexă) a CO_2 în concentrații cît mai scăzute. Aceasta ar permite economisirea mai bună a apei prin prelungirea duratei de închidere a stomatelor și, totodată, rezistența mai bună la alți factori, ca temperatura ridicată și lumina intensă. Într-adevăr, au fost descoperite plante cu asemenea mecanisme care afectează procesele moleculare, fiziologice, precum și structura morfologică a aparatului fotosintetic.

La majoritatea plantelor produsul inițial al fotosintezei este acidul fosfogliceric (APG), avînd trei atomi de C. De aceea, această cale a fotosintezei se numește și *tricarbonică*. APG rezultă din CO_2 pătruns prin stomate în spațiul intercelular, de unde, pătrunzînd în celulele fotosintetizante, se combină cu ribulozo-difosfat (RuDP) cu 5 atomi de C, sub acțiunea RuDP-carboxilazei. Evident, ca rezultat apar două molecule de APG cu cîte 3 atomi de carbon fiecare. Apoi o parte a APG se transformă în hidrați de carbon, iar alta servește la regenerările RuDP prin interacțiune cu ATP. În felul acesta, ciclul reacțiilor este reluat și continuă pe baza energiei solare.

În prezent se cunosc cîteva sute de specii de plante din aproximativ 100 genuri și 10 familii de mono- și dicotiledonate la care mecanismul fotosintetic este diferit și mai eficient decît la restul plantelor. Printre aceste plante este porumbul, trestia de zahăr și alte plante cultivate. Din acest grup fac parte și multe plante deșertice — ierburi și arbuști, extrem de bine adaptate la ansamblul condițiilor deșertice. De pildă, arbustul *Tidestromia oblongifolia* din Valea moartă (California), o zonă extrem de aridă, își desfășoară fotosinteza cu maximă eficiență

în lunile cele mai călduroase, la temperaturi pînă la 47°C, ceea ce reprezintă un record la plantele terestre.

Cercetările efectuate (W. M. Hiesey, M. A. Nobs, O. Björkman, 1971; O. Björkman și J. Berry, 1973) au arătat că la această plantă (ca și la altele din aceeași categorie) ciclul tricarbonic descris mai înainte este completat cu un alt ciclu — *monocarbonic*, ansamblul fotosintezei devenind un *proces tetracarbonic*. La asemenea plante reacțiile se desfășoară în două *cicluri separate spațial*. Primul ciclu, specific acestor plante, începe prin pătrunderea CO_2 prin stomate în spațiul intercelular și de aici prin pereții celulari în celulele mezofilului. Aici CO_2 se combină cu fosfoenol-piruvatul (PEP), compus tricarbonic. Reacția se produce sub acțiunea enzimei PEP-carboxilaza. Rezultă acidul oxaloacetic (AOA) cu 4 atomi de carbon din care se formează acizii malic și aspartic — tot cu 4 atomi de C. Acești acizi sînt transportați din mezofil în celulele situate mai în interiorul frunzei (în jurul fasciculelor conducătoare). Aici CO_2 este eliberat din acizii tetracarbonici, astfel că se formează acidul piruvic (tricarbonic) de o parte și CO_2 de alta. CO_2 intră în ciclul tricarbonic descris mai înainte și care se desfășoară în aceste celule interne. Acidul piruvic este transportat înapoi în celulele mezofilului și aici, reacționînd cu ATP, reface PEP capabil să fixeze noi cantități de CO_2 (fig. 54).

Acest ciclu suplimentar, al cărui rost după cît se vede este doar de a fixa și a transporta CO_2 către ciclul tricarbonic, permite sporirea considerabilă a eficienței fixării CO_2 și, deci, a fotosintezei. Într-adevăr, plantele cu ciclul tetracarbonic pot fixa CO_2 a cărui concentrație în spațiul intercelular poate fi doar de 1—2 ppm. Desfășurarea celor două cicluri corelate poate fi eficientă numai dacă ele sînt separate spațial. Într-adevăr, cercetarea structurii frunzelor la asemenea plante arată că

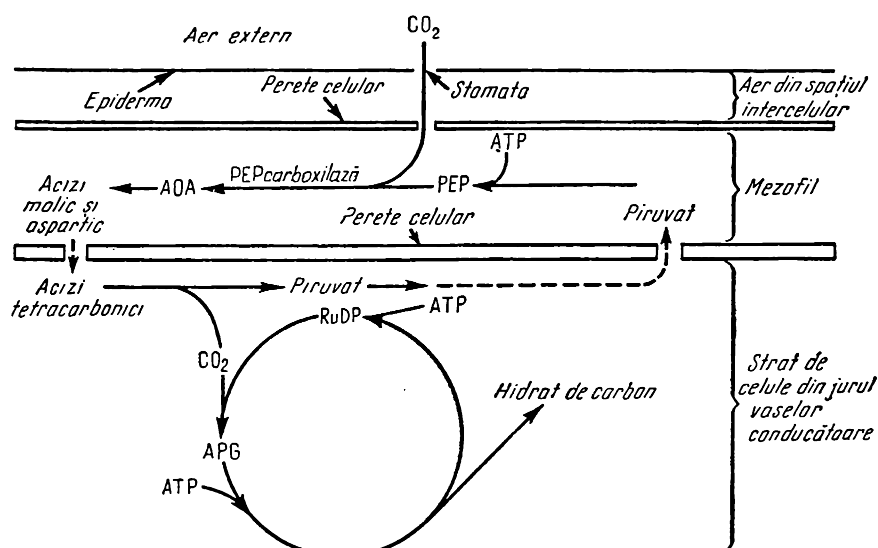


Fig. 54. Schema desfășurării ciclului tetracarbonic al fotosintezei. Faza tricarbonică se vede în partea de jos a figurii (după O. Björkman și J. Berry, 1973).

fiecare ciclu se desfăşoară în grupuri de celule diferite, ciclul tricarbonic avînd loc în celulele din jurul vaselor conducătoare, pe cînd ciclul monocarbonic în mezofilul apropiat de epidermă. Cercetările efectuate pe diferite plante cu ciclu tetracarbonic arată că această adaptare complexă şi remarcabilă a apărut şi evoluat independent la diferite grupe de plante.

Se naşte desigur întrebarea: care este rostul acestei adaptări la plantele care nu sînt deşertice, cum sînt de pildă porumbul, trestia de zahăr şi altele? Experienţele au arătat că în condiţii normale de umiditate, temperatură (sub 25°C) şi lumină, eficienţa fotosintezei plantelor cu ciclu tetracarbonic şi a celor cu ciclu tricarbonic este cam aceeaşi. Dar îndată ce temperatura devine mai ridicată eficienţa ciclului tetracarbonic sporeşte faţă de a celui tricarbonic. Devine evident că apariţia şi evoluţia acestui mecanism devin avantajoase chiar în condiţiile unui mediu în care doar temporar factorii abiotici (creşterea temperaturii şi a luminii, scăderea umidităţii) depăşesc limitele normale. În acest fel se explică şi faptul că în multe locuri plantele cu ciclu tetracarbonic convieţuiesc cu cele avînd ciclu tricarbonic.

4.2. RELAŢIILE DINTRE SPECII

Orice populaţie aparţinînd unei specii îşi desfăşoară activitatea în cadrul unei biocenoze, în conexiune cu un număr mai mare sau mai mic de populaţii ale altor specii. Aceste populaţii, şi în general întreaga biocenoză, reprezintă o parte importantă a mediului de viaţă al populaţiei date, reprezintă factorii biotici (biologici) ai existenţei.

Ch. Darwin a atras pentru prima oară atenţia asupra rolului esenţial al relaţiilor dintre specii în desfăşurarea selecţiei şi a evoluţiei. Datorită diversităţii lor practic nelimitate şi a mobilităţii, Darwin le-a acordat un rol mai important decît factorilor abiotici şi le-a cuprins în noţiunea *de luptă pentru existenţă* al cărei rezultat este selecţia sau supravieţuirea celui mai apt.

Cu privire la sensul acestui termen, Darwin spunea că „Pornesc de la premisa că voi folosi acest termen într-un sens larg şi metaforic, cuprinzînd dependenţa unei fiinţe de alta şi cuprinzînd (ceea ce este mai important) nu numai viaţa individului dar şi reuşita în a lăsa urmaşi“.[1] Darwin a atras de asemenea atenţia asupra faptului că relaţiile indirecte dintre specii sînt mai frecvente şi mai importante decît cele directe. Cu toate aceste precizări, termenul însăşi îndreaptă gîndul către lupta directă, în sens propriu, şi duce la neglijarea celorlalte forme ale ei. Din cauza acestui caracter unilateral al lui preferăm să folosim termenul *relaţii între specii* sau *relaţii interspecifice* în care vom cuprinde totalitatea dependenţelor *directe* sau *indirecte* dintre specii.

Formele pe care le pot îmbrăca relaţiile interspecifice şi consecinţele lor directe, dar mai ales indirecte, sînt de o uriaşă diversitate şi complexitate. O expunere metodică a problemei impune o ordonare, o sistematizare

[1] Ch. Darwin — *Originea speciilor*, p. 84.

a faptelor, sarcină deosebit de dificilă. Nici o clasificare existentă nu reușește să cuprindă în mod satisfăcător totalitatea faptelor cunoscute.

Criteriile de sistematizare a faptelor pot fi diferite. Astfel, cei mai mulți ecologi clasifică relațiile interspecifice pornind de la *criteriul efectului direct,* imediat, deci mai ales a formei de manifestare a relațiilor dintre două specii diferite. Dar se poate folosi poate mai cu folos din punct de vedere al concepției evoluționiste un alt criteriu, acela al rolului pe care-l îndeplinesc diferitele relații în îndeplinirea funcțiilor esențiale ale speciei (reproducere, răspîndire, apărare, nutriție).

În continuare, vom examina relațiile interspecifice prin prisma ambelor criterii, încercînd să le corelăm.

4.2.1. RELAȚII INTERSPECIFICE STABILITE PE CRITERIUL EFECTULUI DIRECT

Aplicînd acest criteriu în relațiile dintre două specii *A* și *B,* putem reprezenta schematic interacțiunea în modul următor: $A \rightleftarrows B$. Dacă ținem seama că fiecare săgeată poate avea trei semnificații: acțiunea pozitivă (+), negativă (—) sau nulă, neutră (0), atunci pot exista nouă ($3 \times 3 = 9$) combinații diferite, deci 9 forme de relații posibile. Examinarea faptelor arată că, practic, toate combinațiile teoretic posibile pot fi găsite în natură.

Ecologul E. Odum prezintă următoarele forme ale relațiilor interspecifice:

Neutralism. Corespunde combinației teoretice 00. Populațiile luate în considerare nu se afectează în nici un fel una pe alta, în mod direct. De pildă, populația veveriței dintr-o pădure este indiferentă (neutră) față de populațiile de coleoptere, fluturi sau alte insecte din aceeași pădure.

Competiție (concurență) (— —). Este interacțiunea a două populații (sau organisme) cărora le sînt necesare aceeași hrană, același fel de adăpost, loc de trai etc. În acest caz poate fi afectată într-un fel sau altul creșterea, supraviețuirea ambelor populații considerate. Adesea populația afectată poate să fie complet eliminată din nișa respectivă.

Mutualism[1] (+ +). În acest caz ambele populații sînt afectate pozitiv, deci profită de pe urma conviețuirii și sînt obligatoriu dependente una de alta. Mutualismul este foarte răspîndit în natură. Practic, se pare că cele mai multe specii se află în relații de mutualism cu cîte una sau mai multe specii. Nenumărate fapte pot ilustra această modalitate de conviețuire.

Bacteriile fixatoare de azot *(Rhizobium)* conviețuiesc obligatoriu cu plante leguminoase. Lichenii reprezintă rezultatul conviețuirii obligatorii dintre alge, ciuperci și (în unele cazuri) bacterii.

Conviețuirea dintre ciuperci *(micorize)* și arborii de pădure este esențială pentru dezvoltarea arborilor. În această conviețuire structura rădăcinilor este modificată, iar complexul rădăcină-ciupercă se arată a fi mai

[1] Uneori este denumit și *simbioză.* Acest din urmă termen, însemnînd de fapt conviețuire, cuprinde diferite forme de relații ale populațiilor ce conviețuiesc, ca de pildă mutualismul, comensalismul etc.

eficient în absorbirea sărurilor minerale din sol. Ciuperca utilizează hidrați de carbon și substanțe de creștere produse de arbori.

Conviețuirea obligatorie dintre diferite grupe de plante și animale este, de asemenea, bine cunoscută.

Numeroase specii de protozoare (rizopode, ciliate, flagelate) se află în relații de mutualism cu diferite specii de alge monocelulare. Asemenea relații se cunosc și la spongieri, celenterate *(Chlorohydra viridissima* și altele), viermi turbelariați (de exemplu, *Dalyellia viridis, Convoluta roscoffensis*), moluște.

Multe specii de insecte care se hrănesc cu celuloză conțin în intestinul lor bacterii simbiote care fac posibilă digerarea acestui compus foarte rezistent. Printre alte grupe, acest fenomen este cunoscut la larvele unor coleoptere (larve de *Melolontidae, Lucanidae*), a unor diptere *(Tipulidae).* Se cunosc numeroase cazuri de mutualism dintre insecte și ciuperci (de exemplu, mutualismul dintre unele insecte cicadide, ca *Ledra aurita, Pyrgauchenia breddini* cu ciuperci endosimbiote).

Trebuie amintită conviețuirea adesea obligatorie dintre unele plante cu flori și anumite specii de insecte care le polenizează.

De asemenea, se cunosc destule cazuri de mutualism dintre specii de animale ca, de pildă, dintre unele specii de flagelate care populează intestinul termitelor permițîndu-le acestora din urmă utilizarea celulozei în hrană (fig. 55).

Protocooperare (+ +). În acest caz, ca și în cel precedent, ambele specii profită de pe urma conviețuirii, dar această relație nu este obligatorie pentru nici una din ele. De pildă, unii crabi au fixate pe spatele lor actinii. Acestea din urmă profită prin faptul că devin mobile, deci se pot hrăni mai bine, pot utiliza în plus și resturile rămase din hrana crabului, iar acesta este mai bine apărat. Dar crabul, cît și respectivele celenterate pot exista și de sine stătător.

Comensalism (+ 0). Relația este obligatorie pentru comensal în timp ce „gazda“ nu este afectată de această conviețuire. Numeroase cazuri cînd un organism — plantă sau animal — este folosit de pildă drept adăpost, sau suport de către organisme aparținînd altor specii, se pot încadra în această categorie. De pildă, în interiorul spongierilor, în camera paleală a scoicilor, în camera branhială a racilor, se pot întîlni reprezentanți din diferite specii, larve de insecte, viermi, care profită de aceste adăposturi în care circulă apa cu particule nutritive. Gazda de obicei nu este afectată de aceste prezențe, cît timp nu sînt excesive. Această conviețuire poate reprezenta un prim pas fie către mutualism, fie către parazitism.

Amensalism (— 0). Relația nu este obligatorie pentru nici unul din componenți. Dar cînd se produce interacțiunea, ea constă în faptul că un component (amensalul) este inhibat în creșterea sau dezvoltarea sa de către unele produse elaborate de partener. Multe substanțe eliminate de bacterii, de alge, de plante superioare sau chiar de animale au efect inhibitor asupra dezvoltării indivizilor aparținînd altor specii. Antibioticele produse de bacterii sau de ciuperci au aceste efecte (vezi *Capit. 4.2.).*

Parazitism (+ —). Relația este obligatorie și implică un efect pozitiv pentru parazit și un efect negativ, inhibitor pentru gazdă.

Predatorism (+ —). Ca și în cazul parazitismului, relația este obligatorie și pozitivă pentru prădător și negativă, inhibitoare, pentru pradă.

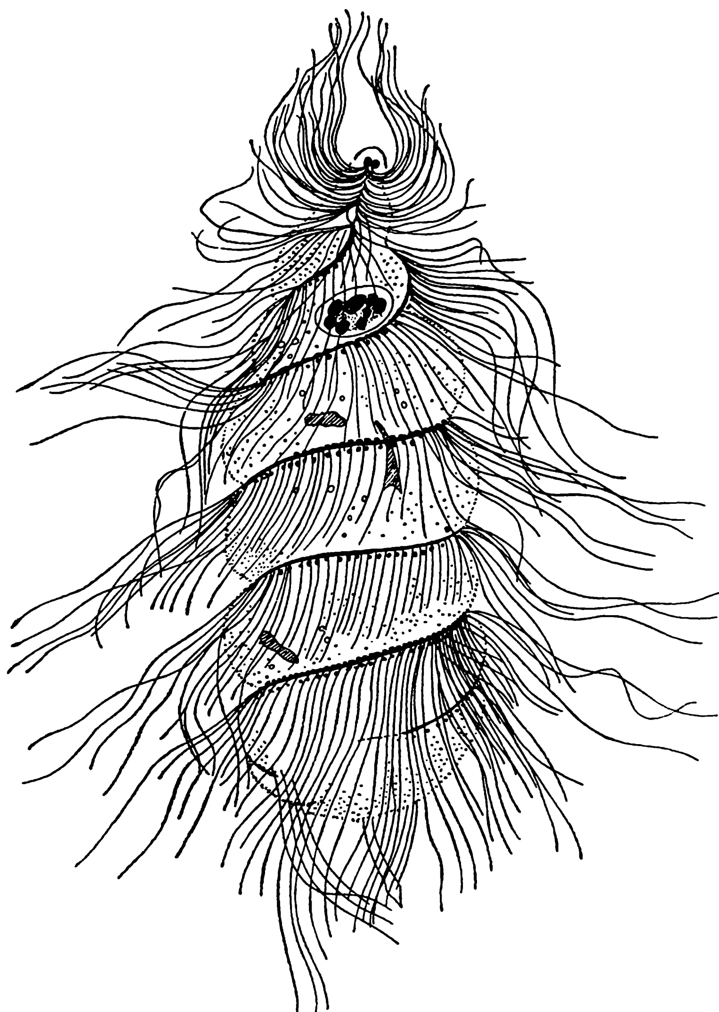


Fig. 55. *Spirotrichonympha crinita* — flagelat (hypermastigin) simbiont în intestinul de *Reticulitermes lucifugus* (termit) din România (după A. Murgoci, 1951).

Însă spre deosebire de parazitism, în care în mod obişnuit individul parazit nu-şi omoară gazda, deoarece ar duce la moartea parazitului, răpitorul de obicei îşi omoară prada.

Această clasificare cuprinde multe din formele sub care se pot înfăţişa relaţiile bilaterale dintre doi parteneri. Desigur, ea nu reuşeşte să cuprindă toate formele acestor relaţii existente în natură. De pildă, în nici una din aceste categorii nu pot fi cuprinse relaţiile rezultate din formele şi culorile protectoare ale animalelor (vezi *Capit. 4.2.* şi *5.3.*), relaţiile dintre numeroase plante şi animale legate de diseminarea unora sau a altora etc. Deşi se vorbeşte de populaţii, această clasificare reflectă în esenţă desfăşurarea relaţiilor la nivelul indivizilor şi efectul mai ales direct şi imediat asupra indivizilor implicaţi. Dacă privim aceste relaţii de pe poziţia populaţiilor implicate şi a evoluţiei acestora, semnificaţia şi efectul diferitelor relaţii pot deveni diferite. Desigur că orice relaţie presupune în mod necesar participarea indivizilor, ea se desfăşoară prin in-

divizii respectivi. Dar dacă ținem seama de faptul că aceste relații afectează un mare număr de organisme sau chiar toți indivizii unei populații și că ele s-au constituit în timp, ca rezultat al evoluției în comun a speciilor implicate, atunci apare evident că ele trebuie privite în primul rînd ca relații dintre sisteme populaționale, ca adaptări reciproce, mai mult sau mai puțin constituite și avînd un anumit rol în desfășurarea normală a vieții populațiilor. De pildă, din punct de vedere al individului, acțiunea prădătorului este dăunătoare pentru că duce la distrugerea unor indivizi. Din punctul de vedere al populației implicată în relații de predatorism, populația prădătoare este un factor de selecție și, deci, de evoluție și de adaptare. Între populația prădătoare și pradă se elaborează adaptări reciproce, de pildă în privința efectivului populațiilor și a ritmului de înmulțire. Prădătorul devine un factor al existenței prăzii, devine într-un fel o necesitate. Multe fapte arată că distrugerea prădătorilor duce adesea nu la creșterea și prosperitatea prăzii ci, din contră, determină o scădere a populației după care cu greu se reface.

În general, relațiile interspecifice desfășurîndu-se în cadrul biocenozei trebuie privite mai larg, ca interdependență complexă a speciilor, ca adaptare și, totodată, diferențiere funcțională a lor, cuprinzînd cele mai diferite laturi ale organizării și activității populațiilor. Tocmai prin aceste aspecte ale lor relațiile interspecifice reprezintă și cel mai însemnat factor de integrare a biocenozei și, totodată, de autocontrol a stărilor sistemului biocenotic. Din acest punct de vedere, abordarea relațiilor interspecifice prin prisma rolului lor în desfășurarea principalelor activități (funcții) ale populației poate releva mai bine semnificația lor complexă și evolutivă.

Desigur că relațiile trofice între specii au o importanță majoră, dar nu trebuie neglijate nici alte forme de legătură care, uneori, pot căpăta importanță de prim ordin în existența populației, și în determinarea integralității biocenozei. Viața și activitatea unei populații sînt complexe. Pe lîngă nutriție ele sînt legate de asigurarea reproducerii, de apărare, răspîndire etc. Vom face, deci, o sistematizare a relațiilor interspecifice adoptînd drept criteriu rolul lor în viața și activitatea populațiilor integrate în biocenoză.

4.2.2. RELAȚII INTERSPECIFICE STABILITE DUPĂ CRITERIUL ROLULUI LOR ÎN VIAȚA POPULAȚIEI

Relații interspecifice legate de reproducere. Deseori reproducerea unei specii este legată de prezența în biocenoză a altor specii, nu în calitate de sursă de hrană ci pentru alte scopuri, de pildă ca mediu necesar pentru construirea cuibului sau pentru depunerea pontelor. Lipsa unui asemenea mediu poate modifica în diferite moduri unii parametri ai procesului reproductiv sau chiar poate duce la eliminarea populației date.

De pildă, lișița și corcodelul își fac cuiburi pe apă, în desișuri de stuf sau papură. Dacă asemenea desișuri lipsesc, păsările nu se stabilesc în balta respectivă, deși hrana poate fi abundentă. În anii în care inundațiile de primăvară ale Dunării țin mai multă vreme, întîrziind cu cîte o lună și chiar mai mult dezvoltarea papurii și stufului, reproducerea acestor păsări, ca și a altora, este și ea amînată pînă la dezvoltarea vegetației,

deşi în alte locuri apropiate (bălţi în care nu se ridică apa) clocitul este demult început.

Tot astfel, desişurile de nepătruns ale stufului de pe grindurile (nu pe apă) din Deltă reprezintă mediul necesar pentru cuibăritul unor stîrci, al pelicanilor, ca şi al altor păsări. În acelaşi fel, pentru reproducerea unor păsări sînt necesari arbori în care există scorburi. De fapt, în toate aceste cazuri nu este vorba de necesitatea prezenţei unei anumite specii de plante, ci a unor întregi asociaţii, fără de care reproducerea cu greu poate avea loc.

În alte cazuri, plantele reprezintă un mediu necesar pentru depunerea pontelor, şi nu ca substrat de nutriţie pentru descendenţi. De pildă, unii peşti din Delta sau din lunca inundabilă a Dunării (de exemplu, crapul) îşi depun icrele pe vegetaţia acvatică sau terestră, acoperită cu apa de inundaţie, puţin adîncă. Acest lucru este determinat de mai multe cauze: pe de o parte, în aceste ape (bine încălzite) se dezvoltă un bogat zooplancton cu care se va putea hrăni puietul eclozat; pe de alta, reproducerea făcîndu-se în perioada inundaţiilor, cînd apa conţine o mare cantitate de suspensii, dacă pontele nu ar fi depuse pe plante, ci direct pe nămolul de pe fund, ele ar fi repede acoperite cu aluviuni şi ar dispărea.

Necesitatea prezenţei diferitelor insecte pentru polenizarea a numeroase plante, mergînd adesea pînă la o strictă specializare, cînd o anumită specie de plantă nu se mai poate reproduce în lipsa unei anumite specii de insectă, iar aceasta, la rîndul ei, nu se poate lipsi de planta respectivă, este îndeobşte cunoscută şi nu este nevoie să mai insistăm asupra ei.

Relaţii de reproducere leagă adesea diferite specii de animale. Peştii din genul *Rhodeus* (fig. 56) din bălţile noastre nu se pot reproduce în absenţa moluştelor unionide, deoarece îşi depun icrele în camera paleală

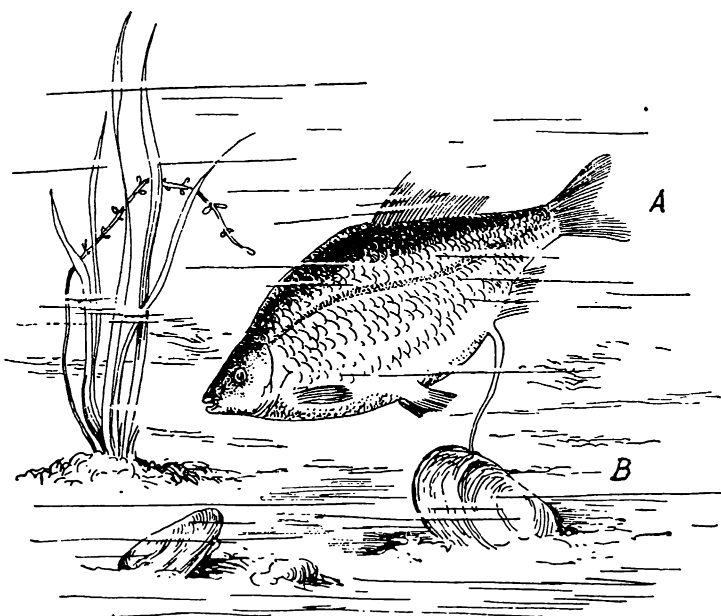


Fig. 56. ***A*** **– Femelă de *Rhodeus sericeus* (boarţă) cu ovipozitor; *B* – *Anodonta piscinalis* – una din speciile de unionide în care boarţa îşi depune ouăle.**

a acestora. La rîndul lor, unionidele nu se pot reproduce în absenţa peştilor, mai precis, larvele lor — *glochidii* — în mod obligatoriu trebuie să treacă printr-o perioadă cînd se fixează de corpul peştilor devenind paraziţi (pe branhii sau pe părţile externe ale corpului); după cîteva luni se desprind şi duc viaţă liberă, continuîndu-şi dezvoltarea. Numeroase specii de cuci nu se pot reproduce în absenţa altor specii de păsări, deoarece, după cum se ştie, ouăle lor sînt depuse în cuiburile altor specii, iar puii sînt hrăniţi de aceşti părinţi străini.

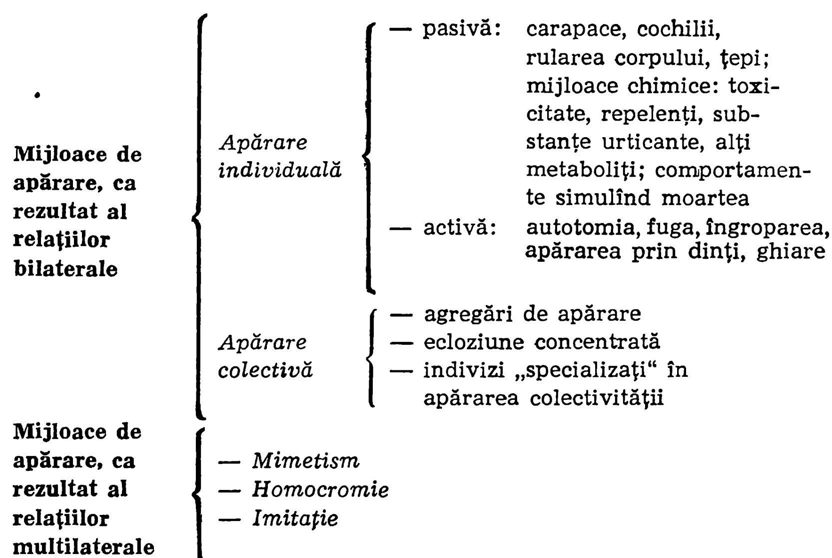
Dacă am încerca să corelăm aceste relaţii legate de reproducere cu cele cuprinse în clasificarea anterioară, putem constata că aici pot fi cuprinse, parţial, diferite forme ale relaţiilor bilaterale, ca de pildă fenomenul de *competiţie* între specii de păsări sau alte animale pentru locuri de cuibărit, pentru adăposturi, unele forme de *mutualism*, ca relaţiile dintre plantele zoofile şi animalele care le polenizează: pentru plante, aceste animale sînt necesare în vederea asigurării reproducerii, în timp ce pentru animale aceasta este o relaţie trofică; tot aici ar putea fi cuprinse unele forme ale *parazitismului:* parazitismul de cuib al speciilor de cuc.

Relaţii interspecifice legate de apărare. O altă formă de legături între specii, ajungînd adesea la o înaltă specializare, este reprezentată de relaţiile interspecifice legate de protecţia speciilor.

Mijloacele de apărare împotriva diferiţilor duşmani creează adaptări reciproce de o nesfîrşită diversitate, relaţiile victimă-duşman reprezentînd unul din factorii de bază ai selecţiei.

Ţinînd seama de componentele esenţiale ale sistemului victimă-duşman şi de modul lor de funcţionare, putem face următoarea prezentare schematică a mijloacelor de apărare.

Mijloace de apărare



Vom examina, pe rînd, aceste mijloace de apărare.

Mijloace de apărare ca rezultat al relațiilor bilaterale.

Apărarea individuală. În această categorie se încadrează variate adaptări, unele dintre ele reprezentînd apărarea pasivă, altele — apărarea activă.

Printre mijloacele de *apărare pasivă* putem cita carapacea broaştelor țestoase, cochiliile melcilor și ale moluștelor bivalve. Ca orice adaptare, și acestea sînt relative: unele hirudinee omoară melcii chiar retraşi în cochilie; păsările de apă (stîrcii) sparg scoicile bivalvelor şi le consumă carnea. Unele animale cu învelișuri tari, protectoare se pot rula în caz de pericol astfel încît toate părţile vulnerabile devin inaccesibile: unele diplopode *(Glomeris),* unele izopode *(Armadillidium, Sphaeromia),* unele mamifere ca tatú, pangolinul etc.

Un mijloc frecvent de apărare pasivă atît la plante cît şi la animale îl reprezintă ţepii, spinii, perii care acoperă corpul. Printre plante, numeroase *Euphorbiaceae, Cactaceae,* multe *Compositae* (speciile genurilor *Carduus, Cirsium, Xanthium*), unele *Leguminosae* (specii ale genurilor *Acacia, Robinia, Gleditschia);* numeroşi arbuști din zonele deşertice sau semideşertice au o puternică armătură de spini, ţepi, reprezentînd un important mijloc de apărare mai ales împotriva mamiferelor ierbivore. Eficiența acestor mijloace se vede din faptul că, fiind ferite, aceste plante se extind formînd adesea desişuri de nepătruns pe suprafeţe întinse, modificînd peisajul și structura biocenozelor, ca în zona Sahel. Acest exemplu arată totodată modul în care apărarea individuală se transformă treptat în apărare colectivă, de grup. Se înţelege că mijloacele de apărare ale acestor plante nu sînt eficiente contra tuturor duşmanilor: cămilele, chiar girafele, pot consuma arbuşti ţepoşi, fără să mai vorbim de insecte sau alte nevertebrate fitofage care le pot ataca.

Spinii, perii, ţepii reprezintă un bun mijloc de apărare şi la o serie de animale: aricii de mare, multe omizi păroase sînt ocolite de păsări, spinii şi ţepii aricilor, ai porcului spinos, ai echidnei, ai unor peşti ca *Gasterosteus, Diodon* etc.

Tot în categoria mijloacelor de apărare pasivă poate fi cuprinsă apărarea prin substanţe chimice fie toxice, fie cu gust sau miros respingător. Multe plante produc asemenea substanţe: latexul amar și adesea toxic al euforbiaceelor face ca speciile ierboase ale acestui grup din ţinuturile noastre să fie evitate de majoritatea fitofagilor. Totuşi există omizi (de exemplu, sfingidul *Celerio euphorbiae)* care se hrănesc numai cu frunze de *Euphorbia.*

Pelinul şi frunzele de nuc posedă asemenea mijloace de apărare. Speciile de urzică au peri urticanţi care le apără de multe animale. Dar şi în acest caz unele omizi, ca de pildă *Aglais urticae,* se hrănesc cu frunze de urzică.

Speciile de *Veratrum, Verbascum,* unele specii ale genurilor *Ranunculus, Aconitum, Colchicum, Rus* etc. sînt toxice sau amare la gust şi, în consecinţă, nu sînt păscute de mamifere.

Recent s-a elucidat un fapt deosebit de semnificativ în privinţa caracterului relativ al adaptărilor, ca şi a evoluţiei corelate a victimei şi a prădătorului, arătînd totodată cît de subtile pot fi aceste adaptări. În America Centrală au fost studiate 6 specii de fasole din genul *Mucuna* și s-a constatat că seminţele lor (nu şi coaja seminţelor) conţin în concen-

trație de 6—9% din greutatea uscată substanța 1—3,4-dihidroxifenilalanina; substanța, în cantitate mai mare, este toxică și letală pentru insecte și mamifere. Dintre sute de specii de coleoptere bruchide cercetate în zonă, larvele doar a două specii din genul *Caryedes* pot consuma semințele acestor specii. Unele mamifere consumă parțial semințele doar ciupind din ele, fără a ajunge la doza letală. Apare clar că aici s-a produs o evoluție corelată a consumatorilor și a mijloacelor chimice de protecție a plantei, suficiente pentru *a limita* numărul consumatorilor atîta cît este necesar în scopul asigurării existenței speciilor date (G. C. Evans, 1976).

Se cunosc și destule specii de animale care se apără datorită unor substanțe toxice cu gust sau miros respingătoare. Numeroase specii de fluturi (din familii ca *Danaidae, Heliconidae* și altele) sînt evitate de dușmani (mai ales de păsări) fiind toxice. Furnicile elimină acid formic, iar *Lytta vesicatoria* iritată elimină un lichid conținînd cantaridina, substanță foarte toxică. Celulele urticante sau cnidoblastele de tip penetrant de la numeroase celenterate (de exemplu, specii ale genului *Actinia*) înțeapă dușmanul sau victima introducînd un lichid urticant și toxic — actinogestina. Este un mijloc de apărare dar, totodată, și de atac.

Dintre mamifere, *Mustela putorius* (dihorul), *Mephitis* (sconcul) emit substanțe rău mirositoare. Sconcul împroșcă lichidul la distanța de 3 m; lichidul conține n-butil mercaptan cu un miros extrem de respingător și persistent. Și în acest caz, ca și în acela al celenteratelor, este greu de spus dacă este vorba de o apărare pasivă sau activă.

La o serie de coleoptere și alte insecte, ca și la unele gasteropode terestre și chiar la unele acvatice, apare un interesant comportament de apărare: la cea mai mică iritare animalul se imobilizează perfect, simulînd moartea și de cele mai multe ori imobilitatea este însoțită de desprinderea de substrat și rostogolirea de pe el. Astfel animalul scapă de urmăritor.

Mijloacele de *apărare individuală activă* sînt și ele extrem de variate. Fără a putea intra în analiza amănunțită a lor vom aminti unele mai răspîndite. Fuga, viteza de zbor, de înot reprezintă unul din mijloacele cele mai sigure și mai răspîndite. Eficiența acestui mijloc este adesea sporită prin alternarea unei deplasări rapide cu imobilitatea perfectă. În aceste cazuri, de cele mai multe ori animalele sînt și homocrome (numeroase ortoptere, multe șopîrle etc.). Autotomia (la șopîrle — urmarea unor structuri anatomice specializate care permit părăsirea cozii în urma unei puternice contracții musculare), îngroparea rapidă în nisip (larve ale leului furnicilor, unele șopîrle, unii șerpi, unele coleoptere deșertice etc.) reprezintă, de asemenea, mijloace răspîndite de apărare. Trebuie, de asemenea, menționate mijloacele active și atît de răspîndite de apărare ca mandibulele, dinții, coarnele, copitele, ghearele etc.

Apărarea colectivă. Aici în primul rînd trebuie amintit fenomenul așa-numit al *agregării*, al formării unor aglomerări locale de indivizi, permanente sau temporare, avînd rol important atît în nutriție cît și în apărare.

Aglomerările de alge determinînd o anumită concentrare a unor substanțe eliminate în mediu (vezi *Substanțele ectocrine*) fac să fie evi-

tate de unii consumatori ai lor. Cladocerii adesea formează grupări foarte dense care plutesc în apă ca niște „norișori“ și care sînt evitate de puietul de pește. *Migrațiile verticale* ale multor specii din zooplancton au și rol de apărare, menținîndu-se la adîncime, în zone mai întunecoase, în timpul zilei. *Cîrdurile de pești, stolurile de păsări* se feresc mai bine de atacul dușmanilor decît indivizii singuratici; mamiferele ierbivore se apără mai eficace de atacul carnivorelor mari, dacă sînt în grupuri etc. *Coloniile de păsări* — pescăruși, stîrci, cormorani — sînt foarte bine apărate împotriva majorității răpitoarelor, care nu îndrăznesc să se apropie de ele.

În general, densități mari realizate într-un timp cît mai scurt apar avantajoase în apărarea colectivă, deoarece ele reduc la minimum momentele cele mai riscante pentru populație și determină o anumită saturare a răpitorului, reducînd astfel distrugerile. Ecloziunea în masă a puietului de pești într-o perioadă scurtă de timp pentru fiecare specie, ecloziunea extrem de concentrată a unor specii de efemere *(Palingenia, Polymitarcis)* reprezintă și mijloace eficace de apărare. La unele specii de *Chironomidae*, mai ales la cele cu talia mare (specii de *Chironomus*), ecloziunea și roirea se produc în masă în special noaptea cînd numărul dușmanilor (mai ales păsările) este mai redus. În această perioadă sînt consumate mai ales de lilieci.

În sfîrșit, trebuie să amintim aici și apărarea colectivă a coloniilor la numeroase specii de insecte cu viață de grup. În aceste cazuri pot apărea *categorii de indivizi „specializați“* pentru apărare — așa-numiții „soldați“ de la diferite specii de termite, de furnici. Acești indivizi sînt adesea incapabili de a se hrăni singuri, sînt alimentați de alte categorii de indivizi din colonie. Ei devin un fel de organe — instrumente de apărare a coloniei în care sînt integrați indisolubil. La albine această apărare, asigurată de albinele lucrătoare înzestrate cu ac cu venin, se face cu prețul vieții indivizilor care folosesc acul. Deși este o formă foarte evoluată și perfecționată a apărării colective, nici ea nu este perfectă deoarece există răpitori „specializați“ (prigoriile, furnicarul etc.) care se hrănesc cu insecte coloniale.

La multe specii de himenoptere sau de alte insecte care prezintă mijloace eficace de apărare (acul cu venin, substanțe toxice) se dezvoltă și *colorația de avertizare*, care ușurează elaborarea reflexului de recunoaștere de la distanță de către răpitori și evitarea unei asemenea prăzi neplăcute sau periculoase.

Mijloace de apărare, ca rezultat al relațiilor multilaterale. În această categorie se pot încadra cazurile care implică *coexistența prăzii cu alte specii* fără de care apărarea devine ineficientă.

Desișurile plantelor — ierboase, ale arbuștilor, arborilor — oferă excelente ascunzișuri pentru tot felul de animale. Adesea relațiile animal-plantă, cu rol de apărare al animalului, devin „specializate“ datorită fenomenelor de homocromie, coloritului de dezagregare sau imitației.

Adesea plante comestibile, care în mod obișnuit sînt distruse prin pășunatul intensiv și sistematic, reușesc să supraviețuiască doar în asociație cu plante țepoase, bine apărate. Așa se întîmplă de pildă cu *Launaea resedaefolia* (compozită) și cu *Pistacia atlantica* (anacardiacee), am-

bele trăind în zone semideșertice ale Africii, sub protecția desișurilor de plante țepoase.

Numeroase animale lipsite de mijloace eficace de apărare își găsesc adăpost sigur *în locuințele altor animale sau chiar în interiorul corpului acestora din urmă.* Se cunosc peste 1 000 specii de animale mirmecofile care trăiesc în furnicare, unde găsesc hrana și sînt bine apărate. Acest mod de viață face să apară tendința de prădătorism sau parazitism. În interiorul spongierilor, în camera branhială a racilor, în interiorul unor colonii de briozoare se adăpostesc numeroase animale (viermi, larve de insecte, crustacei din plancton etc.). Se știe că peștele *Fierasfer* se adăpostește, în caz de pericol, în interiorul unor holoturii. În vizuinile multor rozătoare se adăpostesc sute de specii de diferite artropode. Adesea, în cuiburile mari ale unor păsări răpitoare, printre ramurile îngrămădite în această construcție, cuibăresc unele specii de păsări mici, găsind aici un adăpost sigur. La fel unele păsărele își construiesc cuiburile în apropierea unor colonii de viespi, ferite de dușmani.

Unele animale, în mod activ folosesc alte animale pentru a se apăra. Astfel unii paguri (decapode) fixează pe cochilia în care se adăpostesc (și aceasta aparținînd unui gasteropod) actinii, briozoare, spongieri care, nefiind comestibili, sînt feriți de dușmani. Unii crabi își acoperă corpul cu spongieri pe care-i fixează de țepii de pe corp sau alteori prind actinii în clești și merg purtîndu-le în față. Unii pești *(Pomacentridae)* se adăpostesc printre tentaculele unor actinii care posedă celule urticante. Toate aceste fenomene sînt încadrate — artificial — în așa-numita *colorație alosematică.*

Mimetismul — constînd în imitarea unor animale înzestrate cu mijloace eficiente de apărare de către altele care nu posedă asemenea mijloace — este răspîndit mai ales în lumea insectelor și reprezintă o adaptare eficientă în apărarea contra unor răpitori. Numeroase diptere, mai ales din familia *Syrphidae,* imită diferite himenoptere veninoase, unii fluturi din familia *Aegeriidae* imită viespi și albine, fluturi comestibili dintre *Papilionidae* imită pe cei necomestibili din familia *Danaidae* etc.

Adesea, relațiile dintre specii la animalele superioare devin și mai complexe, făcînd să apară un nou factor integrator al biocenozei — activitatea psihică. Astfel, multe specii de mamifere „învață" semnificația sunetelor sau a altor semnale emise de alte specii de mamifere sau de păsări. Aceste semnale avertizează diferite animale de apropierea unui pericol. Vînătorii știu foarte bine că țipetele nagîților și agitația pescărușilor pun în alarmă multe păsări din baltă, semnalizîndu-le apropierea omului.

În această ordine de idei vom cita unele fapte care arată cît este de greu de încadrat toate faptele în scheme de clasificare. Într-adevăr, uneori „învățarea" este legată de relații mult mai complexe decît cele din exemplele anterioare.

Recent s-a stabilit că femelele licuriciului *Photuris versicolor* se hrănesc cu masculi ai altor specii de licurici, pe care îi ademenesc imitînd întocmai semnalele femelei virgine a speciei victimă. Se admite că femela răpitoare „recunoaște" apartenența specifică a victimei ce se apropie și, avînd capacitatea de schimbare rapidă a repertoriului semnalelor, reproduce de îndată și exact semnalele speciei victimă (J. Lloyd, 1975).

Este evident că aici învățarea limbajului unor specii străine capătă un sens cu totul diferit decît cel din exemplele anterioare: aici se stabilesc relații răpitor-pradă.

Un alt exemplu este cel al relațiilor furnicilor cu un coleopter stafilinid din genul *Lomechusa*, care trăiește doar în furnicare de *Formica*. Furnicile consumă secrețiile coleopterului pe care îl hrănesc prin regurgitarea hranei pe care o provoacă atingerile antenelor, ca și cum gîndacul ar fi învățat limbajul furnicilor. Dar secrețiile coleopterului determină treptat o stare anormală a furnicilor. Furnicile hrănesc și îngrijesc progenitura coleopterului cu mai multă rîvnă decît propria lor progenitură. Dacă furnicarul este deteriorat, sînt salvate mai întîi ouăle și larvele de *Lomechusa;* mai mult, îi oferă gîndacului ca hrană propriile lor ouă. Treptat furnicarul decade, femelele sînt parțial sterile și toată familia degenerează.

Este evident că asemenea relații complicate nu se încadrează în nici o schemă de clasificare, dovedind bogăția inepuizabilă a legăturilor dintre specii. Și mai complexe sînt relațiile dintre un alt stafilinid — *Atemeles pubicollis* — cu două specii de furnici. Coleopterul se reproduce în furnicarul de *Formica polyctena,* specie de pădure. Larvele coleopterului secretă o substanță ce pare a fi o imitare a unui feromon al larvelor furnicilor și care declanșează la adulți comportamentul de îngrijire al progeniturii. Deci larvele de coleopter au deprins „limbajul chimic" al larvelor de furnici. Apoi larva deprinde și un „limbaj tactil" menit să declanșeze hrănirea lor de către furnicile adulte: larva coleopterului atinsă de piesele bucale sau antenele furnicii se saltă și, cînd atinge cu piesele sale bucale pe cele ale furnicii, aceasta regurgitează o picătură de lichid hrănitor. Atît acțiunea secreției larvare, cît și hrănirea larvelor coleopterului au fost demonstrate prin atomi marcați.

Larvele coleopterului se hrănesc și cu alte larve. Deoarece larvele furnicilor stau îngrămădite, sînt mîncate mai mult semenele larvelor stafilinidului. Prin acest canibalism este limitat numărul larvelor acestui „oaspete" al furnicarului. Deoarece *F. polyctena* toamna își încetează activitatea, adulții de *Atemeles,* încă imaturi sexual, migrează din pădure spre cîmp deschis, unde găsesc cuiburi de *Myrmica* în care activitatea continuă și iarna. În migrația lor se ghidează mai întîi după gradientul luminii pînă iese din pădure, iar apoi, după cum arată experiențele, se conduce după mirosul de *Myrmica* dus de vînt. Înainte de a părăsi cuibul de *Formica,* gîndacii se hrănesc: induc regurgitarea hranei de către furnici atingînd părțile bucale ale gazdei cu maxilele sau cu picioarele anterioare, adică imitînd exact limbajul prin care furnicile obțin hrana una de la alta (fenomenul a fost demonstrat prin filmări rapide). Ajungînd la cuibul de *Myrmica* dobîndește recunoașterea și adopțiunea printr-un ritual complex: mai întîi atinge pe furnici cu antena, apoi ridicînd capătul abdomenului oferă furnicii secreția glandelor din vîrful abdomenului. Această secreție inhibă agresivitatea furnicii. După aceea, furnica consumă secreția altor glande din lungul abdomenului coleopterului, secreție care pare a imita mirosul de *Myrmica,* ceea ce face ca gîndacul să fie dus în „camera" de îngrijire a progeniturii. Deci *Atemeles,* după cum se vede, „deprinde" (însușește) mijloacele de comunicare chimice și tactile a două specii diferite de furnici. În primăvară, coleopte-

rele mature sexual se întorc în cuiburile de *Formica* unde se reproduc (B. Nöllddobler, 1971).

Cum pot fi calificate aceste relaţii dintre stafilinidele *Lomechusa, Atemeles* şi gazdele lor? Din punct de vedere al relaţiilor interindividuale problema este practic de nerezolvat, deoarece aici sînt implicate relaţii farte diferite: predătorism (consumul larvelor gazdei), canibalism (consumul larvelor proprii), consumul alimentelor gazdei, imitarea (învăţarea?) limbajelor variate ale gazdelor, îngrijirea „oaspetelui" de către gazdă etc. Lucrurile apar mai clare de pe poziţia sistemică, prin aprecierea ansamblului, a rezultantei relaţiilor dintre sisteme supraindividuale — grup, familie, populaţie a unui coleopter cu respectivul sistem al furnicilor. Această rezultantă arată că, indiferent de ce se întîmplă pe plan interindividual, populaţia coleopterului trăieşte pe seama fluxului de substanţă, energie şi informaţie al populaţiei de furnici, flux avînd drept destinaţie iniţială supravieţuirea populaţiei de furnici. O asemenea relaţie ar putea fi calificată drept un *parazitism de grup*, noţiune ce depăşeşte pe aceea de parazitism propriu-zis.

*

În încheiere la această sumară trecere în revistă a mijloacelor de apărare, trebuie subliniate unele trăsături esenţiale ale acestor relaţii: *nici un mijloc de apărare, oricît de perfecţionat ar fi el, nu este perfect*, nu are valoare absolută. Cu alte cuvinte, niciodată prada nu devine invulnerabilă faţă de duşmani. Acest lucru nici nu ar fi posibil, deoarece ar însemna izolarea de mediul său de viaţă; *sistemul răpitor-pradă evoluează ca un tot*: pe măsura perfecţionării mijloacelor de apărare a prăzii se perfecţionează şi cele de atac ale răpitorului. Esenţial este ca *să supravieţuiască nu toţi indivizii din populaţia pradă, ci un număr suficient pentru a asigura menţinerea populaţiei* şi, deci, a speciei date.

Un alt aspect important constă în aceea că *orice specie are nu unul ci mai mulţi duşmani.* Dintre aceştia, unul sau o categorie de răpitori sînt mai importanţi, mai periculoşi. Mijloacele de apărare care se „elaborează" prin selecţie sînt menite să apere prada *tocmai contra acestor duşmani care pun în primejdie viaţa populaţiei* şi mai puţin contra altora mai puţin periculoşi.

Dealtfel, după cum arată cercetările din ultimul deceniu, mai ales „limbajul" animalelor, adică semnalizarea pe diferite căi (sonică, ultrasonică, optică, electromagnetică, chimică, prin anumite mişcări etc.), este neaşteptat de bogat. „Lumea tăcerii" se dovedeşte a fi plină de „semnale" a căror semnificaţie în ceea ce priveşte legăturile dintre animale încă nu o înţelegem pe deplin.

Relaţii interspecifice legate de răspîndirea speciilor. Astfel de relaţii sînt, de asemenea, larg răspîndite, legînd între ele atît diferite specii de animale, cît şi animale de vegetale. Şi aceste relaţii pot îmbrăca forme foarte variate; deseori este vorba de transportul întîmplător al unor seminţe, părţi de plante, ouă de animale sau chiar mici animale, agăţate, de exemplu, de corpul păsărilor, care le pot transporta la mari distanţe, contribuind la răspîndirea lor (fig. 57). Dacă ne gîndim totuşi că acest fenomen „întîmplător" se manifestă cu o frecvenţă destul de mare, ne dăm

Fig. 57. Morfologia unor fructe adaptate la răspîndirea de către mamifere.

seama de rolul lui în răspîndirea speciilor şi în alcătuirea diferitelor biocenoze. Adesea însă, aceste relaţii devin specializate: există fructe şi seminţe care au organe specializate pentru a se agăţa de părul mamiferelor; seminţe cu rezerve nutritive folosite, de pildă, de furnici care, în felul acesta, transportă şi răspîndesc seminţele multor plante; seminţe sau ouă care rezistă sucurilor digestive ale animalelor şi se dezvoltă în locurile unde sînt eliminate excrementele (seminţele de *Rumex acetosella* trec prin intestinul unor animale ca de pildă calul, vacile, porcii, fără a pierde, toate, puterea de germinare; la fel seminţele de *Sorbus domestica* germinează după ce fructele respective au fost mîncate de urs; ouă de crustacee — *Phyllopode, Copepode* — trec nevătămate prin intestinul păsărilor); cirripede care locuiesc pe corpul balenelor sau al rechinilor; larvele unor acarieni acvatici care sînt transportate pe corpul diferitelor insecte pe care în acelaşi timp parazitează etc. Pe toate aceste căi, multe specii se răspîndesc, ocupă noi teritorii, intră în concurenţă cu alte specii, pătrund în noi biocenoze, producînd adesea schimbări importante în structura şi funcţionarea acestora. Putem aminti aici şi rolul adesea inconştient al omului în răspîndirea unui mare număr de specii care, pătrunzînd în biocenozele noi, au determinat adesea adevărate catastrofe nu numai în viaţa biocenozelor respective, dar chiar în economia omului.

De cele mai multe ori, relaţiile interspecifice nu se limitează la unul din aspectele menţionate, ci acestea se împletesc în mod complex şi cu relaţii trofice. Aceasta, cu atît mai mult cu cît adesea relaţiile se modifică odată cu vîrsta organismelor. Astfel, de pildă, într-o baltă, unionidele adulte reprezintă „obiecte" indiferente pentru peşti (dacă nu ţinem seama de influenţa populaţiilor de unionide asupra calităţilor apei şi fundului). Dar, în stadiu de glochidiu, peştii servesc drept gazdă pe care acestea parazitează un timp, mai ales pe branhii. Dar numai o parte din glochidii reuşesc să se fixeze pe branhii, altă parte fiind înghiţită de peşti şi, deci, intră în componenţa hranei lor. Mai tîrziu, stadiile juvenile ale scoicilor reprezintă una din sursele de hrană ale peştilor, pînă cînd ajung la dimensiuni care le fac inaccesibile. Pentru unii peşti însă, după cum se ştie

(specii de *Rhodeus*), unionidele adulte reprezintă locul obligatoriu de depunere a icrelor.

Același lucru se poate spune, de exemplu, despre copepodele parazite. În stadiul de nauplius, pot prezenta o hrană pentru puietul unor pești; în stadiul de adult, fixîndu-se pe corpul peștilor, aceștia devin sursa de hrană a copepodului, rolurile, deci, inversîndu-se.

După cum se constată, relațiile unei anume specii cu alte specii sînt variate, ea îndeplinind de cele mai multe ori funcții foarte diferite față de alți componenți ai biocenozei. Un simplu exemplu, referitor la frunzele de nufăr, ne poate ilustra diversitatea unor asemenea legături: frunzele de nufăr de pe suprafața unei bălți reprezintă substratul de depunere a pontelor unor animale (gasteropode, insecte); substratul pentru dezvoltarea perifitonului, populat și el de multe animale microscopice (protozoare, rotifere, viermi etc.); locul de adăpostire a unor larve de insecte; locul de hrănire pentru unele larve de insecte (unele chironomide, care consumă perifiton sau unele specii de larve de chironomide carnivore, care se hrănesc cu specii pașnice); substratul în care își croiesc galerii diferite larve de insecte, adăpostindu-se și, totodată, hrănindu-se cu el; locul de adăpostire a unor specii din zooplancton, care sub frunzele de nufăr găsesc o temperatură mai scăzută și umbră; locul de ieșire „pe uscat" și de vînătoare al broaștelor, unde prind numeroase insecte ce se așază pe frunze; locul de pîndă pentru stîrcii galbeni; substratul pe care-și construiesc cuiburile unii pescăruși; materialul de construcție a căsuțelor unor larve de lepidoptere etc.

Din cele arătate rezultă că fiecare specie într-o biocenoză îndeplinește funcții variate, multiple și caracteristice. Deși trăiesc în „același mediu" speciile îl utilizează în mod diferit, fiecare în felul său. Fiecare populație are mediul său specific, nișa ei ecologică.

Relațiile trofice. Reprezintă cea mai importantă legătură între speciile unei biocenoze. Forma pe care o pot îmbrăca aceste relații poate fi variată, de la unele forme simple ale comensalismului pînă la predatorism și parazitism. În aceste legături sînt angrenate toate speciile componente ale biocenozei. Cu toată diversitatea formelor, conținutul legăturilor trofice este însă același: fiecare specie devine o verigă în transferul și transformarea substanțelor și energiei în biocenoză și ecosistem.

Legăturile trofice dintre speciile unei biocenoze determină o anumită *structură trofică* a acesteia. Dacă examinăm diferite specii prin prisma relațiilor lor trofice constatăm că ele se pot grupa în funcție de numărul de trepte (verigi) care le separă de producătorii primari. Astfel, de pildă, toate animalele fitofage reprezintă o grupare trofică legată direct de plante (producători primari). Asemenea grupări ecologice de specii, despărțite de producătorii primari prin același număr de trepte (verigi) trofice, constituie un *nivel trofic*. Astfel, plantele verzi, deci producătorii primari, reprezintă primul nivel trofic; consumatorii primari sau de ordinul I (animale fitofage) — al doilea nivel trofic; consumatorii secundari sau de ordinul II — al treilea nivel trofic etc. Adesea primul nivel trofic poate fi reprezentat prin detritus organic (resturi de plante și animale moarte). În acest caz, al doilea nivel trofic este reprezentat prin animale detritrofage.

Speciile din niveluri trofice diferite, legate între ele prin relații de nutriție, constituie *lanțuri trofice*. Lanțurile trofice reprezintă căile esențiale prin care se produce transferul de energie, materie și informație în ecosistem. În biocenozele simple sau simplificate de om, lanțurile sînt adesea și ele simple și scurte. De pildă, în tundră există un lanț trofic simplu: *licheni → reni → om;* în agrosisteme: *lucerna → vite cornute → om* sau *grîu → om*: într-o pădure: *frunzele unor arbori → afide → coccinelide → păianjeni → păsări insectivore → păsări răpitoare;* într-o zonă mlăștinoasă: *fluture → libelulă → broască → șarpele de casă → uliu;* într-un lac: *fitoplancton → crustacei filtratori* (de exemplu, cladoceri) → *puiet de pește → pești răpitori → păsări ichtiofage* sau *om*.

Examinînd structura celor mai diferite lanțuri trofice constatăm că numărul verigilor în lanț este limitat în mod necesar de mai mulți factori. Astfel, pe măsură ce ne îndepărtăm de producătorii primari animalele devin tot mai mari și mai puțin numeroase. Acest lucru este firesc dacă ne gîndim că în general un răpitor trebuie să fie mai mare și mai puternic decît prada sa. Dar necesitățile de supraviețuire a speciilor în cadrul unei biocenoze fac ca în cele mai multe cazuri un consumator să nu poată consuma toată hrana, altfel aceasta ar însemna propria sa pieire. Dar creșterea taliei și scăderea numărului au anumite limite legate atît de procurarea hranei (necesitatea unui teritoriu tot mai mare pentru nutriție, pe măsură ce crește ordinul consumatorului, raportul dintre energia cheltuită pentru căutarea și prinderea hranei și cea preluată din hrană), cît și de alte necesități ale speciei ca înmulțirea, răspîndirea, apărarea etc.

Între populațiile diferitelor specii componente ale aceluiași nivel trofic adesea are loc *competiția* pentru aceeași sursă de hrană sau, în general, pentru mijloace de trai asemănătoare. De pildă, între plante are loc competiția pentru spațiu, pentru apă, lumină, atragerea insectelor etc. Deoarece producția biomasei vegetale în general depășește mult consumul ei de către fitofagi sau detritivori, se consideră că în mod obișnuit între speciile acestui nivel trofic (consumatorii primari) competiția este slabă sau chiar nu are loc. Competiția devine însă mai intensă între consumatorii de ordine superioare.

Rezultatul competiției este elaborarea prin acțiunea selecției a diferitelor adaptări ale populațiilor, ca separări parțiale sau totale ale nișelor ecologice prin specializări nutritive, comportamente, succesiuni la locul de hrană, separare spațială etc. Aceste adaptări se reflectă, bineînțeles, în același timp și asupra relațiilor dintre speciile făcînd parte din nivele trofice diferite, deci afectează structura și funcționarea lanțurilor trofice. În felul acesta, adaptările reciproce ale speciilor din același nivel și din nivele trofice diferite, afectînd cele mai diferite aspecte ale structurii și funcționării populațiilor, cimentează legăturile dintre ele, duc la o tot mai strînsă interdependență a lor și devin, totodată, cel mai important factor al integralității biocenozei.

Speciile dintr-o biocenoză nu au aceeași valoare, chiar dacă fac parte din același grup funcțional (producători, consumator etc.). Unele sînt specii *dominante* prin numărul și biomasa lor și au un rol principal în funcționarea biocenozei. Ele reprezintă verigi esențiale în transferul de materie și energie; lanțurile trofice care le leagă între ele reprezintă deci căile cele mai importante ale fluxului energetic și circuitului material,

avînd rol hotărîtor în viața biocenozei. De aceea le putem denumi *lanțuri trofice principale* și este util să le deosebim de cele secundare, care leagă între ele speciile mai puțin abundente, cu rol mai puțin însemnat în biocenoză. Lanțurile trofice principale sînt, totodată, și cele mai constante, permanente. În general, structura lanțurilor trofice și a *rețelei trofice* care se formează prin legăturile de nutriție între verigile lanțurilor diferite nu este fixă. Ea se poate modifica în timp și spațiu, în funcție de variațiile raporturilor numerice între specii, de vîrstă, de migrații, de anotimp etc. De obicei însă, aceste schimbări de structură a legăturilor trofice afectează mai mult lanțurile secundare și mai puțin pe cele principale, care rămîn factori permanenți ai biocenozei, imprimîndu-i prin stabilitatea lor anumite caracteristici structurale și funcționale. Aceste lanțuri reprezintă și factorii principali ai autocontrolului sistemului biocenotic, asigurînd menținerea stabilității biocenozelor.

În funcționarea lanțurilor trofice mai trebuie subliniat un aspect important: urmărind fluxul de energie și circuitul materiei, de la producătorii primari spre vîrfurile lanțurilor trofice, constatăm anumite legități:

Eficiența energetică a nivelelor trofice succedente crește (cantitatea de energie transformată în producție netă proprie nivelului dat, din totalul de energie disponibilă de la nivelul trofic precedent). Astfel R. Lindeman (1942), cercetînd lacul Cedar Bog, constată că producătorii primari utilizează doar 0,10% din energia solară incidentă. La nivelul fitofagilor eficiența crește la 16,8%, iar la cel al carnivorelor ea se ridică la 29,8%.

Descrește energia disponibilă pentru fiecare nivel trofic succedent, fapt care se vădește în scăderea treptată a producției nete. Același autor arată că la nivelul producătorilor primari producția netă era de 879 kcal/m²/an, la nivelul fitofagilor 104 kcal/cm²/an, iar la nivelul carnivorelor doar 13 kcal/m²/an.

Cresc pierderile prin respirație, adică sporește cantitatea de energie cheltuită pentru activitățile organismelor din populații. Astfel, la producătorii primari, aceste pierderi se ridică la 21% (din producția brută); la fitofagi aceste cheltuieli ajung la 29,7%, iar la carnivore la 58,1% (fig. 58).

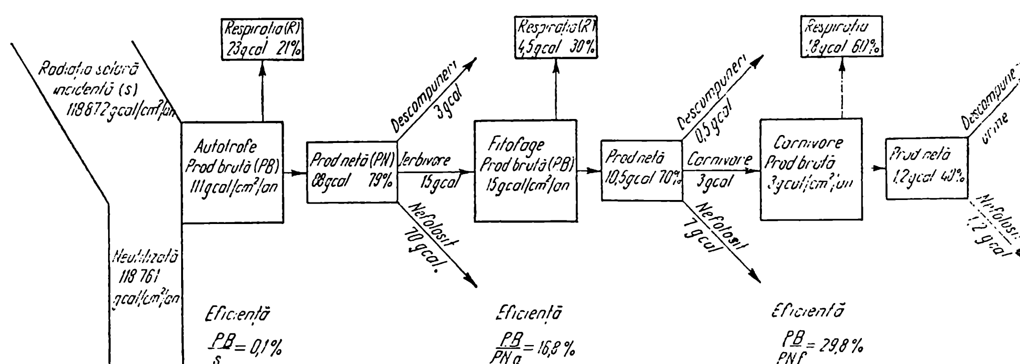


Fig. 58. Fluxul de energie prin ecosistem: *PNa* — producția netă a autotrofelor; *PNf* — producția netă a fitofagilor.

Aceste legități au importante și multiple semnificații biologice. Fluxul de energie, cu sens unic, de la producătorii primari la consumatori, înregistrează pe parcursul său „pierderi“ care cresc de la un nivel trofic la altul. Face necesară o permanentă sursă de energie exterioară (față de ecosistem), care să întrețină existența și activitatea lui. Creșterea treptată a pierderilor energetice arată că în timp ce în lungul lanțului trofic, de la bază spre vîrf, se produce o scădere implacabilă a biomasei (producție netă), în schimb o cantitate de energie tot mai mare este cheltuită în desfășurarea activității organismelor. De remarcat este că întregul proces material și energetic nu se limitează la un simplu transfer de la un nivel trofic inferior la altul superior ci este vorba aici în același timp de *transformarea* atît a substanțelor și în general a substratului material, cît și a formelor de energie. De pildă, substanțele organice ale plantelor nu sînt pur și simplu transferate la animale ci ele suferă profunde reorganizări și transformări, dînd produse organice de altă calitate. Totodată, energia chimică a substanțelor organice este transformată în alte forme decît energia termică. Activitatea locomotorie a animalelor crește de la un nivel trofic la altul. Ea este legată de activități variate și tot mai complexe — căutarea tot mai activă a hranei, comportamente active legate de pîndă, de prinderea hranei, de apărare, de reproducere.

La grupele de animale homeoterme, ca și la nevertebratele mai evoluate (albine, furnici etc.), o cantitate mare de energie este cheltuită cu activități de ordin superior, ca îngrijirea descendenților, „educarea“ lor, hrănirea, organizarea și menținerea unității grupului. Aceasta ne arată că pe parcursul lanțurilor trofice în formele superioare se produce convertirea unor cantități tot mai mari de energie asimilată în activități complexe, care se concretizează în dezvoltarea mai înaltă a sistemului nervos, în creșterea complexității relațiilor cu mediul, în creșterea integrării și coordonării nervoase a organismelor, a rolului individului în viața populațiilor și în transformarea mediului înconjurător.

Legăturile trofice materializate în organizarea lanțurilor și a rețelelor trofice capătă în felul acesta un însemnat rol informațional și de organizare a materiei vii.

4.2.3. RELAȚII INDIRECTE ȘI COMPLEXE

Formele de relații interspecifice analizate anterior nu epuizează toată diversitatea acestor relații. Chiar și relațiile bilaterale, între două specii, sînt adesea atît de complexe încît afectează numeroși parametri ai populațiilor, deci afectează mai multe funcții ale lor, fiind greu de cuprins într-o clasificare. Acest lucru devine cu totul imposibil cînd examinăm relațiile indirecte în care o specie, corelată în vreun fel oarecare cu alta, prin aceasta din urmă afectează în diferite feluri multe alte specii.

Vom ilustra aceste situații prin cîteva exemple.

Primul caz se referă la relații între două specii de păsări *(relații bilaterale),* care afectează reproducerea, comportamentul, mijloacele de apărare, mărimea populațiilor, structura lor pe vîrste. Este vorba de o specie de cuc din India — *Clamator jacobinus* — a cărui biologie a fost

cercetată recent (A. J. G a s t o n, 1976). După cum se știe, toate speciile din familia cucilor își depun ouăle în cuiburile altor specii. Dar în timp ce cucul european, cu o largă răspîndire, își depune ouăle la gazde foarte diferite, *C jacobinus* își depune cîte un ou în cuibul doar a unor specii din genul *Turdoides*, de altfel asemănătoare prin obiceiurile lor.

Caracteristica principală a acestor gazde constă în aceea că păsările trăiesc în grupuri de cîte 3—20 indivizi din care doar o pereche se împerechează și cuibărește la un moment dat, ceilalți membri ai grupului doar asistînd la incubarea ouălor și la hrănirea puilor. După eclozarea puilor, gazdele consumă coaja ouălor proprii. Coaja oului de cuc este prea groasă, uneori dublă (cele două coji fiind separate printr-o membrană) și nu poate fi mîncată. Cucul *C. jacobinus* își depune oul într-un mod cu totul neobișnuit: în timp ce masculul de cuc distrage atenția părinților, femela lasă să cadă oul ei în cuibul gazdei de la o înălțime de circa 15 cm. Oul fiind cu coaja groasă și, deci, greu, căzînd în cuib de cele mai multe ori sparge un ou al gazdei, el rămînînd întreg. Prin mărime și formă, oul de *C. jacobinus* seamănă cu ouăle gazdei. Puiul eclozat este de aceeași mărime cu puii gazdei sau ceva mai mic. Acest fapt are implicații în corelațiile „parazitului" cu gazda lui. Se știe că la cucul european puiul este mai mare decît puii gazdei și adesea chiar decît gazda adultă. Aceasta a dus la dezvoltarea obiceiului ca puiul de cuc să arunce din cuib unul, mai mulți sau chiar toți puii gazdei, pentru că numai în acest fel gazda poate satisface necesitățile de hrănire a „parazitului".

Puiul de *C. jacobinus* nefiind mai mare decît puii gazdei, și de fapt înlocuind puiul care ar fi ieșit din oul spart al gazdei, nu implică un efort nutritiv suplimentar din partea acesteia. Dar la aceste gazde s-a dezvoltat un alt obicei, acela de a părăsi adesea cuibul în care a fost depus oul de cuc și de a face alt cuib, dat fiind că sezonul de reproducere al speciei este lung.

Faptul că puiul de *C. jacobinus* nu aruncă din cuib puii gazdei are și altă semnificație. Avînd o singură gazdă (nu mai multe ca la cucul european), aruncarea puilor ar reduce prea mult numărul gazdelor și, deci, al cuiburilor, lipsind cucul de locuri de depunere a ouălor.

Aceste relații între cucul *C. jacobinus* și gazda lui afectează și structura populațiilor. Puii de *Turdoides* (gazda) își părăsesc grupul natal în al doilea an al vieții. Deci sporirea succesului reproducerii ar duce la creșterea mărimii grupului natal și schimbarea structurii lui pe vîrste, prin creșterea ponderii claselor tinere. Dar creșterea mărimii grupului duce la scăderea numărului grupurilor și, deci, a cuiburilor (se reproduce doar o pereche din grup). Parazitismul cucilor reduce mărimea grupului, și-i deplasează structura spre vîrstele mai adulte la care indivizii părăsesc grupul și, deci, duce practic la creșterea numărului grupurilor, implicit al cuiburilor în care parazitul să poată depune ouăle sale. Deci se creează o corelație complexă și o reglare reciprocă a mărimii populațiilor, a structurii grupurilor, a ritmului înmulțirii celor două specii.

În ce fel de categorie pot fi încadrate aceste relații? Evident că ele depășesc schemele de clasificare. În general este acceptată calificarea de parazitism, pentru obiceiul unor păsări de a-și depune ouăle în cuibul altor specii. Este limpede însă că aceste relații nu se pot încadra în defi-

niția riguroasă a parazitismului. Relațiile examinate reprezintă de fapt o adaptare complexă și reciprocă a două specii, adaptare care cuprinde procesul reproducerii, dar în care sînt implicate multiple alte fenomene și procese: imitația (asemănarea ouălor), structura grupurilor, structura pe sexe, pe vîrste, relațiile trofice, ritmul de înmulțire, comportamentele de grup și individuale, relațiile cu resursele alimentare ale mediului etc.

Și mai complexe sînt relațiile *indirecte* cărora, după cum se știe, Ch. Darwin le acorda cea mai mare însemnătate ca factor al selecției, deci al apariției și evoluției celor mai variate adaptări. În acest sens reamintim exemplul îndeobște cunoscut, dat de Darwin, al relațiilor dintre numărul pisicilor și recoltele semințelor de trifoi, prin intermediul șoarecilor și al bondarilor. Cercetările actuale scot din nou în evidență rolul important al acestor insecte în viața și evoluția biocenozelor. A. N. Formozov (1976) arată că în tundră, în condiții severe de climă și cu producție vegetală în general săracă, arbuști pitici, adesea tîrîtori, ca *Vaccinium myrtillus* sau *V. vitis idaea,* localizați în locuri adăpostite de vînt și acoperite iarna de straturi groase de zăpadă, au un rol foarte important prin fructele pe care le produc. Or polenizatorii lor sînt mai ales bondarii, care avînd corpul acoperit cu peri lungi și deși zboară chiar pe vreme închisă, culeg nectarul și polenul florilor acestor arbuști. Fructele se coc în iulie-august, iar la începutul lui septembrie sînt deja acoperite de zăpadă, astfel încît majoritatea lor rămîn neconsumate. Ele suportă bine iarna, iar primăvara devin o sursă importantă de hrană pentru numeroasele păsări care se întorc din migrații, ca și pentru vulpile polare înfometate care revin la vizuinile lor. Este evident că în aceste condiții bondarii reprezintă grupul-cheie care, prin polenizarea florilor de arbuști, devine hotărîtor pentru menținerea structurii întregii „piramide trofice" a tundrei, deși formal, după schemele de clasificare a relațiilor interspecifice, între bondari și păsările migratoare sau vulpile polare relațiile ar fi de totală indiferență („neutralitate").

Pădurile umede ecuatoriale reprezintă poate cele mai complexe ecosisteme în care diversitatea speciilor, mai ales a plantelor lemnoase și a insectelor, atinge valori maxime. Nu este deci de mirare că aici complexitatea relațiilor dintre specii este și ea maximă, determinînd formarea unor variate și complexe adaptări interspecifice a căror cercetare concretă este abia la începutul ei. Vom ilustra cele spuse cu un fapt elucidat în ultimii ani și relatat de G. C. Evans (1976). În pădurile umede tropicale din Africa de Vest, arbustul *Barteria fistulosa* este indisolubil asociat cu furnica *Pachysima aethiops*. Arbustul are lăstari (ramuri) de două feluri: lungi, cu măduvă puțină și scurte, cu măduvă bogată ca la soc, înconjurată cu un cilindru subțire de lemn. Furnicile golesc măduva dintr-un internod și aici cultivă ciuperci și insecte homoptere. Pe acestea le instalează în mici adîncituri pe care le practică în xilem, suficient de adînci pentru ca trompa insectelor să ajungă la floem și, deci, ele să se poată hrăni. Pe o plantă se instalează doar o colonie de furnici. Ele distrug orice plantă care încearcă să crească sub arbustul dat, atacă alte insecte și resping orice încercare a vreunui mamifer de a consuma frunze sau lăstari din planta protejată. Furnicile sînt mari, mușcă și înțeapă, iar înțepătura este dintre cele mai dureroase din tot grupul himenopterelor. Comportamentul în atac asupra unui mamifer este deosebit de efi-

cace. Furnicile alarmate se urcă sau cad pe corpul mamiferelor, caută un loc cu piele subțire, se prind bine cu mandibulele, apoi înfig adînc acul cu venin. Durerea apare după ce veninul este pompat în țesutul victimei, iar durerea provocată face ca animalul să nu mai încerce a repeta experiența.

Ce fel de relații se stabilesc în acest caz între planta-gazdă și furnici? Este evident că planta este exploatată de furnici în mod direct (golirea măduvei) și indirect (prin homopterele „cultivate", care consumă o parte din seva elaborată a plantei). Dar daunele acestea sînt probabil compensate și depășite prin apărarea plantei contra concurenților și dușmanilor și acest avantaj este atît de mare, încît a dus la modificarea structurii interne a unor tulpini (cele cu măduva bogată), parcă special crescute pentru a oferi adăpost furnicilor.

Acest caz, depășind încercările de clasificare, arată cum într-o biocenoză complexă evoluția îndelungată și corelată a mai multor specii (arbustul, furnica, ciuperca, homopterul) a dus la „integrarea" lor, la adaptarea foarte complexă care afectează structura, funcțiile, comportamentul componenților, legînd indisolubil evoluția fiecăruia din ei cu a celorlalți și cu a întregului ecosistem din care fac parte.

4.3. AUTOREGLAREA ȘI STABILITATEA BIOCENOZELOR

Biocenozele, fiind niște sisteme biologice, în mod necesar au capacitate de autocontrol a stării lor, a parametrilor esențiali de structură și funcționare. Această capacitate determină gradul de stabilitate al biocenozei care, la rîndul său, se reflectă asupra activității și evoluției populațiilor componente.

Relațiile dintre specii, mai ales relațiile trofice, deci structura și funcționarea ciclurilor trofice, au un rol esențial în acest proces.

Au fost imaginate și chiar experimentate modelele simplificate ale relațiilor dintre o specie — consumator și o altă specie — consumată ca, de pildă, dintre o specie ierbivoră monofagă și planta care-i servește drept hrană sau dintre un carnivor și prada lui. Examinarea unui asemenea model duce la concluzia că maximele și minimele celor două specii alternează într-o succesiune periodică, fiecare din ele avînd, alternativ, rolul de tampon în înmulțirea celeilalte. Explicația stă în faptul că înmulțirea speciei-hrană oferind condiții tot mai bune consumatorului, numărul acestuia crește pînă cînd consumul hranei devine mai intens decît înmulțirea ei, ceea ce duce la scăderea numărului speciei-hrană și, consecutiv, a răpitorului, după care hrana începe iar să crească. În unele cazuri, o asemenea alternanță chiar s-a putut constata în relațiile unor specii. Statistici efectuate pe un mare număr de animale, timp îndelungat, au arătat, de pildă, că în unele locuri din America de Nord variația numărului de iepuri (prada) și de rîși (răpitorul) urmează acest model.

De cele mai multe ori relațiile din natură sînt mai complexe. În relațiile răpitor-pradă chiar dacă primul este monofag intervin și alți factori: paraziți, boli, factori fizici. Apoi, chiar dacă un animal este monofag (se hrănește cu o singură specie), nu există nici o specie care să aibă doar un singur dușman.

În general, se poate spune că speciile monofage sau cu un spectru trofic foarte redus nu contribuie întotdeauna în mod eficient la stabilitatea biocenozei. Legăturile lor trofice prea unilaterale fac ca atunci cînd din vreo cauză oarecare, directă sau indirectă, numărul lor crește dincolo de limitele normale, hrana să fie distrusă în masă, ducînd apoi la dispariția în masă a însuși consumatorului. Dat fiind însă că nici o specie nu are un singur dușman, asemenea oscilații violente ale numărului au repercusiuni și asupra altor specii, ducînd la dezechilibrarea violentă în structura și funcționarea sistemului, la dereglarea mecanismelor lui homeostatice.

De pildă, omizile fluturelui *Tortrix viridana* (defoliatori ai stejarului) uneori apar în număr atît de mare încît, după ce epuizează hrana, mor de foame. Această distrugere în masă a hranei și apoi dispariția omizilor aduce dereglări importante în numărul multor altor specii de insecte, păsări și mamifere, ducînd la dispariția în masă sau la migrări ale unora, la înmulțirea masivă a altora dintre ele.

Speciile polifage au un rol mai important în asigurarea stabilității biocenozelor naturale. De obicei aceste specii au o anumită hrană preferată, pe care o consumă cu predilecție. Cînd însă o asemenea hrană este consumată intens și scade sub un anumit nivel, căutarea ei devine nerentabilă: energia cheltuită de consumator devine prea mare față de energia procurată, consumatorul trece la hrănirea cu o altă specie, mai abundentă, care în mod obișnuit reprezintă un element nutritiv secundar. Dar în felul acesta, specia preferată, scăpată de presiunea consumatorului, se poate reface, revenind la nivelul ei numeric normal. În acest fel se pot evita oscilații violente.

Dar nu numai însușirile fiecărei specii în parte au un rol important în reglarea stărilor sistemului biocenotic, ci întreaga structură a biocenozei are o mare însemnătate. Cu cît o biocenoză este mai complexă cu atît ea este mai stabilă și invers, cu cît este mai simplă cu atît stabilitatea ei este mai mică, iar dereglările mai frecvente. Dovada constă în faptul că în pădurile și, în general, în ecosistemele zonei temperate, de pildă în marile păduri de conifere, cu dominanța netă a uneia sau cîtorva specii, se produc dereglări destul de frecvente, atacuri masive a unor dăunători, explozii numerice a unor rozătoare etc. La fel, cele mai multe dereglări se produc în agrosisteme (sisteme ecologice simplificate artificial), datorită intervenției omului. Din contră, în pădurile ecuatoriale care reprezintă cele mai complexe ecosisteme naturale, nu se cunosc invazii sau explozii numerice.

Explicația constă, pe de o parte, în faptul că într-o biocenoză complexă fiecare specie este supusă unui control multiplu din partea unui număr mai mare sau mai mic de alte specii. În felul acesta chiar dacă, din diferite motive, unul sau altul din consumatori este în declin, sînt destui alții care să țină prada „în frîu". Pe de altă parte, într-o biocenoză complexă nișele ecologice sînt mai restrînse dar în număr mare, ceea ce înseamnă că flora și fauna sînt foarte diversificate. O schimbare a unui component are, deci, puține șanse să afecteze tot ecosistemul. Astfel, dacă diversitatea producătorilor primari este mare, fiecare avînd diverse capacități de a folosi diferite lungimi de undă și intensități ale luminii, o schimbare în calitatea sau cantitatea luminii va putea afecta

unul sau cîţiva producători, dar nu pe toţi; ecosistemul va continua să funcţioneze cu foarte puţine perturbări sau chiar neperturbat.

Observaţiile din natură confirmă justeţea acestor concluzii teoretice. Dar practic, relaţiile dintre componenţii unui ecosistem, chiar în cazul ecosistemelor mai simple, sînt atît de complexe încît noi încă nu le cunoaştem în mod concret; de aceea, de cele mai multe ori intervenţia noastră în viaţa ecosistemelor naturale este empirică, brutală şi cu efecte imprevizibile. Importanţa practică a acestei probleme este evidentă şi ea priveşte atît introduceri de noi specii cît şi distrugerea, eliminarea unor specii din biocenoză.

Adesea, sub imboldul intereselor sale imediate, omul este tentat să distrugă animalele care l-ar concura şi aplică măsurile necesare fără a cunoaşte adevăratul rol al speciilor respective în viaţa biocenozei.

Se ştie, de pildă, că în California distrugerea coiotului a dus la înmulţirea exagerată a şobolanilor şi a iepurilor. Adesea, dispariţia răpitorului duce la început la o explozie a prăzii lui, scăpată de sub control, iar apoi la scăderea, uneori catastrofală, a ei în urma apariţiei bolilor, care în mod normal nu se extindeau, densitatea animalelor nefiind prea mare. De pildă, în Cehoslovacia, distrugerea lui *Martes* şi a altor carnivore mici a dus la extinderea coccidiozei şi a altor boli, provocînd scăderea puternică a numărului de iepuri, capre, fazani. În parcurile naţionale din S.U.A. distrugerea carnivorelor a sporit infestarea cu paraziţi a copitatelor în aşa măsură încît numărul lor chiar a scăzut. În Norvegia au fost distruse păsările răpitoare care vînau prepeliţe. Ca urmare, numărul prepeliţelor la început a crescut brusc, dar apoi a scăzut sub nivelul iniţial, datorită extinderii parazitozelor. Trebuie să se ţină seama de faptul că răpitoarele, rărind prada lor, exercită totodată şi un însemnat rol sanitar, distrugînd în primul rînd indivizii slăbiţi, bolnavi, parazitaţi mai intens şi, deci, menţinînd populaţia într-o stare fiziologică bună. Numeroase observaţii atestă acest lucru. De pildă, s-a constatat în Olanda că din 492 exemplare de babuşcă pescuite, 6,5% erau parazitate de *Ligula intestinalis,* iar din cele 136 de exemplare extrase din stomacuri de cormorani erau parazitate 30%. În Asia Centrală, la examinarea a 178 de rozătoare luate din cuiburile păsărilor răpitoare, 1,7% erau bolnave de ciumă, în timp ce din 21 929 de indivizi prinşi în acea regiune examenul a arătat că nici unul nu era afectat cu această boală.

Toate aceste fapte îndeamnă la multă prudenţă în intervenţiile noastre, ale oamenilor, în organizarea biocenozelor. Pentru ca intervenţiile omului să fie încununate de succes, ele trebuie să se bazeze pe cunoaşterea ciclurilor trofice şi a rolului lor în autoreglarea echilibrului dinamic al biocenozei, ceea ce rareori se înfăptuieşte. Intervenţia omului tinde în general să scurteze ciclurile trofice, pentru că asemenea cicluri sînt mai productive. Dar asemenea biocenoze, cu cicluri simplificate, se şi dereglează cel mai uşor. Rezultatul adesea este tocmai invers celui aşteptat: eroziunea solurilor în urma păşunatului neraţional, dispariţia unor însemnate elemente floristice şi faunistice naturale, răspîndirea dăunătorilor, devastarea culturilor, schimbarea climei, scăderea bogăţiilor naturale ale regiunii (păduri, animale de vînătoare, peşte etc.). De multe ori, pe baza unor calcule simpliste, omul este tentat să distrugă animale care par a concura cu el în consumul hranei ca, de exemplu,

păsări ichtiofage, cum sînt pelicanii sau cormoranii, fără să țină seama de faptul că prezența unor asemenea păsări într-o veche și complexă biocenoză ca aceea a Deltei Dunării a devenit o necesitate pentru menținerea integralității ei biologice.

Introducerea de noi specii în biocenoze constituite are de cele mai multe ori consecințe la fel de negative, uneori catastrofale. Dintre numeroasele fapte cunoscute vom analiza unul singur care relevă și importanța evolutivă a fenomenelor de această categorie. Este vorba de introducerea în Australia a iepurelui de vizuină *Oryctolagus cuniculus*, de proveniență europeană.

În 1859, în partea de sud a Australiei, au fost aduși circa 24 iepuri. Lăsați în libertate, s-au înmulțit vertiginos, devenind concurenți periculoși ai crescătorilor de oi, transformîndu-se într-un adevărat flagel. S-a încercat limitarea numărului prin vînătoare. Distrugerea a peste 47 milioane de iepuri nu a putut stăvili înmulțirea. Atunci s-au introdus vulpile din Europa, dușmanii naturali ai iepurelui. Dar vulpile au preferat să consume miei și fauna locală mai ușor accesibilă, determinînd alte și complexe schimbări biologice. Momelile otrăvite folosite contra vulpilor au dus la nimicirea unui mare număr de păsări autohtone. Extinderea vulpii a fost oprită pe cale naturală datorită unei căpușe, *Ixodes holocyclus*, vectori ai unor viroze la cîini și vulpi.

În 1911, extinderea iepurelui a fost temporar frînată prin izbucnirea unei epidemii de tularemie, pricinuită de *Pasteurella tularense*, dar apoi numărul a crescut din nou.

În 1950, pentru stăvilirea înmulțirii iepurelui, s-a introdus în Australia mixomatoza, o viroză a iepurelui. Virusul introdus provine din iepurele *Sylvilagus* din California, unde nu manifestă o virulență prea mare; inoculat în 1950 la 100 iepuri australieni, a devenit extrem de virulent. Iepurii inoculați și eliberați au determinat izbucnirea unei epidemii care a ridicat mortalitatea iepurilor la 99,8%, cifră care după doi ani (1952) a scăzut la 90% din iepurii infestați. Scăderea mortalității și, respectiv, creșterea supraviețuirii (10%) se datorează acțiunii selecției care a determinat, concomitent, două procese: scăderea virulenței mixomatozei și creșterea rezistenței iepurilor. Pentru a înțelege mecanismul acestei acțiuni trebuie menționat că viroza provoacă formarea de plăgi care se întind pe diferite părți ale corpului iepurelui și ele reprezintă sursa de infecție. Transmiterea virusului în Australia se face de către diferite insecte sugătoare de sînge ca *Simulidae*, *Ceratopogonidae* etc.; de subliniat că transmiterea se face pe cale mecanică, iar insectele vectoare nu reprezintă gazde intermediare, ci virusul ce aderă pe piesele bucale ale insectei este inoculat în noua gazdă (un nou iepure) prin înțepare. Deci eficiența acestui mod de transmitere va depinde de extinderea plăgilor și cantitatea de virusuri viabile în partea superficială a leziunilor pielii pe de o parte, iar pe de altă parte de durata de supraviețuire a iepurilor infectați, ținînd seama de faptul că insectele vectoare nu înțeapă decît gazda vie.

După cum s-a menționat mai înainte, unul din efectele selecției a fost scăderea virulenței virusurilor. Se știe că în mod obișnuit pasajele succesive duc la creșterea virulenței agentului patogen. Scăderea ei în cazul analizat arată că selecția nu a acționat direct asupra virusului ci prin

mecanismul de transmitere a lui. Dacă virusul este foarte virulent iepurii mor prea repede și, deci, perioada cînd insectele îi pot înțepa (și transmite boala) este prea scurtă. Dacă virusul este slab virulent, atunci iepurele trăiește mai mult dar leziunile superficiale ale pielii sînt mici și, deci, din nou scad șansele de transmitere. În consecință, rata maximă (optimă) de transmitere se produce atunci cînd leziunile sînt destul de mari, dar iepurele nu moare prea repede din cauza lor. Această stare este realizată de către o tulpină de virus mai atenuată, care s-a și extins cel mai mult. Ea a putut fi izolată și verificată experimental.

Un alt efect al selecției a fost creșterea concomitentă a rezistenței iepurilor față de mixomatoză. Acest fenomen a fost și el verificat experimental. El este explicabil datorită faptului că dacă virulența inițial mare a agentului patogen s-ar fi păstrat mult timp, iepurii ar fi fost complet nimiciți, dar aceasta ar fi dus și la dispariția virusului. Apariția și extinderea rapidă a liniei atenuate a permis supraviețuirea a circa 10% din animalele infestate, cantitate necesară pentru desfășurarea selecției iepurilor genetic rezistenți la infecție.

În felul acesta s-a stabilit un „echilibru“ în relațiile dintre iepuri, virusuri și insectele vectoare.

Acesta este un exemplu care demonstrează faptul că introducerea (ca, dealtfel, și eliminarea) unor specii într-o biocenoză nu schimbă doar componența specifică a biocenozei dar provoacă și efecte evolutive, constînd în modificarea corelată, adaptativă a speciilor sub acțiunea selecției naturale.

CAPITOLUL 5.

SELECŢIA

Faptul cel mai evident dar, totodată, cel mai uimitor este că speciile sînt adaptate la condiţiile în care trăiesc. Ch. Darwin a fost primul care a dat explicaţia ştiinţifică, satisfăcătoare acestei realităţi. Înainte de Darwin, adaptarea reprezenta un adevărat mister al naturii şi, din această cauză, cel mai folosit argument în sprijinul concepţiilor idealiste, mai ales finaliste. Descoperind selecţia, lege obiectivă a naturii, Darwin nu numai că a explicat adaptarea dar a demonstrat caracterul obiectiv al finalităţii proceselor biologice şi faptul esenţial că însăşi transformarea speciilor şi, deci, apariţia de specii noi reprezintă un proces de adaptare la condiţiile schimbate ale mediului.

Există două forme ale selecţiei: *selecţia artificială,* a cărei cauză principală o reprezintă activitatea omului, şi *selecţia naturală,* avînd drept cauză relaţiile speciilor cu factorii naturali. Aceşti factori naturali cuprind atît condiţiile abiotice, cît şi cele biologice fie nealterate de om (înainte de apariţia şi extinderea speciei umane), fie modificate de activitatea umană care, în ultimele decenii, capătă proporţii de factor planetar, cu importante repercusiuni asupra evoluţiei vieţii pe Pămînt.

Vom examina, pe rînd, cele două forme ale selecţiei.

5.1. SELECŢIA ARTIFICIALĂ

A fost dovedită de Ch. Darwin în urma studierii metodelor folosite şi a rezultatelor obţinute de cultivatorii de plante şi crescătorii de animale. Evident că experienţa acestor practicieni, reflectînd nivelul agriculturii şi al ştiinţei din acea epocă, a influenţat conţinutul şi limitele teoriei darwiniste privind selecţia artificială. După cum vom vedea, metodele actuale ale selecţiei artificiale sînt mult deosebite de cele clasice.

Descoperirea selecţiei artificiale porneşte de la constatarea că toate plantele cultivate şi animalele domestice au o trăsătură comună şi caracteristică: *ele poartă amprenta intereselor omului,* cu alte cuvinte sînt adaptate spre a satisface diferite necesităţi umane (economice, estetice sau de altă natură).

Pentru a lămuri modul cum s-a putut ajunge la acest rezultat şi, deci, mecanismele de acţiune ale selecţiei artificiale, Darwin a studiat *originea plantelor cultivate şi a animalelor domestice.* Studiul mul-

tilateral și aprofundat al datelor furnizate de morfologie, ecologie, paleontologie, istorie, compararea atentă a formelor domestice cu speciile sălbatice apropiate i-au permis lui Darwin să demonstreze originea monofiletică a multora din animalele și plantele aflate în stare domestică.

Astfel, numeroasele rase de porumbei domestici (fig. 59), cu toate deosebirile profunde între ele (afectînd cele mai diferite caractere fiziologice, morfologice, comportamentale), descind dintr-o singură specie de origine — *Columba livia* — răspîndită în Eurasia, de la coastele Oc. Atlantic pînă la cele ale Pacificului. Înrudirea reală între toate rasele porumbeilor domestici se reflectă în faptul că ele se pot încrucișa liber între ele, dînd urmași fertili. De asemenea, aceasta se vede din faptul că uneori, din încrucișarea unor rase pure, printre descendenți apar indivizi cu pene ce au coloritul speciei sălbatice, adică albastru de ardezie.

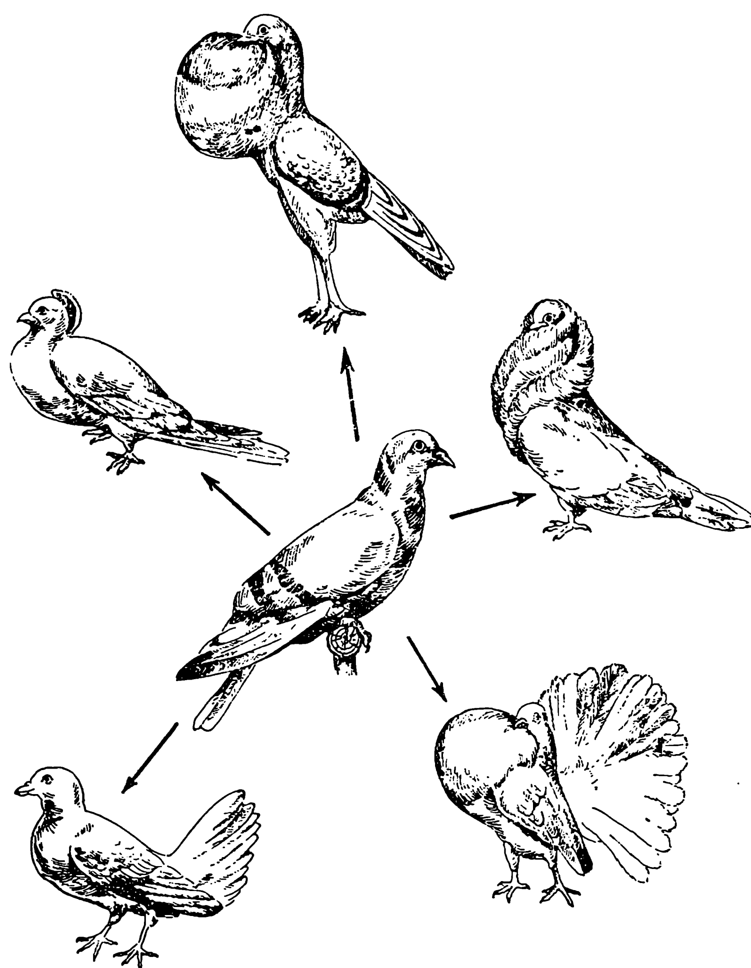


Fig. 59. *Columba livia* (în centru) și cîteva rase domestice de porumbei.

În același fel **D a r w i n** a demonstrat originea tuturor raselor de găini domestice din specia *Gallus bankiwa,* care trăiește astăzi în stare sălbatică în pădurile din India, Indochina, Filipine etc. Rasele de iepuri domestici provin din specia *Oryctolagus cuniculus;* rasele de măgari provin din *Equus taeniopus;* rațele domestice provin din *Anas platyrhincha;* rasele de cornute mari provin de la două specii sălbatice — *Bos primigenius* și *Bos brachycerus;* rasele de porci provin din mistrețul european *(Sus scrofa)* și din cel asiatic *(Sus vittatus);* cîinii provin din cîteva specii înrudite de lupi și de șacali; oile provin, după cîte se pare, din muflon — *Ovis musimon* și din archar — *Ovis ammon.*

Demonstrarea faptului că toate rasele domestice (ca în cazul porumbelului), sau grupuri de rase (ca în cazul, de pildă, al porcilor, cîinilor) provin dintr-o singură specie sălbatică, a avut o uriașă însemnătate: pe de o parte a fost răsturnată concepția fixistă în această problemă, iar pe de altă parte s-a arătat că, aplicînd anumite procedee, omul reușește ca, plecînd de la o formă strămoșească (specia sălbatecă), să obțină un mare număr de forme (rase) atît de diferite între ele încît, dacă nu s-ar ști originea lor comună, ele ar putea fi ușor atribuite unor specii sau chiar genuri diferite. În felul acesta Darwin a demonstrat însăși realitatea obiectivă a evoluției, precum și caracterul ei divergent.

Studiind selecția artificială, D a r w i n a arătat că ea este de două feluri: selecția artificială metodică și selecția artificială inconștientă.

5.1.1. SELECȚIA METODICĂ (SAU CONȘTIENTĂ)

Se caracterizează prin aceea că selecționatorul își propune un *scop precis,* își creează un model de rasă, model pe care apoi încearcă să-l realizeze. Realizarea modelului se face, în esență, prin alegerea, pentru reproducere, a indivizilor care posedă variații ce corespund scopului propus și eliminarea de la reproducere a celor ce nu corespund. Treptat, urmînd acest procedeu din generație în generație, se obțin tot mai numeroși descendenți corespunzători, iar trăsăturile urmărite devin tot mai pronunțate, încît rezultatul constă în apariția unor forme (rase) cu totul noi. Omul apare ca un adevărat creator al raselor domestice de plante și animale.

5.1.2. SELECȚIA „INCONȘTIENTĂ"

Este efectuată de om din timpuri imemorabile, cu mult înainte de a fi cunoscute principiile și bazele teoretice ale acestui procedeu. Ea se caracterizează prin faptul că omul acționează asupra plantelor și animalelor din gospodăria lui fără să-și propună drept scop în sine crearea unor rase noi, ci doar în vederea satisfacerii nevoilor sale imediate. Păstrînd în viață (deci pentru reproducere) cu predilecție indivizii care satisfăceau cel mai bine nevoile cotidiene ale vieții (păsări mai bune ouătoare, animale mai bune de lapte, de tracțiune, semințe de la fructele mai bune etc.), oamenii deveneau, fără să-și dea seama de acest lucru, factori ai selecției, determinînd treptat transformarea viețuitoarelor. Această selecție se desfășoară mai încet (poate fi adesea întreruptă prin

sacrificarea organismelor valoroase), dar durînd de timp foarte îndelungat a dat rezultate remarcabile: majoritatea plantelor cultivate astăzi și a animalelor domestice reprezintă rezultatele acestui proces.

La începutul acestui capitol s-a afirmat că metodele utilizate de selecționatori au contribuit la determinarea conținutului și a limitelor concepției darwiniste despre selecție. Este vorba aici mai ales de *caracterul individualist al selecției*. Într-adevăr, pe timpul lui Darwin, selecția artificială se baza aproape exclusiv pe *aprecierea trăsăturilor individuale* (dealtfel, și în prezent acest caracter al selecției artificiale este destul de pronunțat) ale reproducătorilor.

Selecția de grup, sub formă mai ales de selecție familială, era aplicată doar în unele cazuri: de pildă, în producerea raselor de porci la care grăsimea alternează cu straturi de carne. În acest caz selecția individuală nu este posibilă, deoarece spre a constata acest caracter individul trebuia sacrificat. În asemenea împrejurări se obțin rezultatele dorite alegînd pentru reproducere *familiile animalelor* în a căror descendență apar cei mai mulți indivizi cu caracterul respectiv. Pornind de la acestă experiență a crescătorilor, concepția lui Darwin despre selecție a căpătat un pronunțat caracter individualist, pe care l-a generalizat și la selecția naturală, acțiunea de grup a selecției fiind privită doar ca o formă specială, realizată în anumite împrejurări. Această problemă va fi analizată la selecția naturală.

5.1.3. METODE ACTUALE ALE SELECȚIEI ARTIFICIALE

Progresele geneticii, ale biologiei moleculare, teoria matematică a selecției fundamentată de R. A. Fischer, J. B. S. Haldane, S. Wright, S. Cetverikov, dezvoltarea studiului populațiilor și aplicarea tehnicii calculatoarelor electronice au dus la dezvoltarea și transformarea importantă a metodelor selecției artificiale actuale.

După cum afirmă geneticianul J. Michael Lerner (1971), pentru ameliorarea recoltelor și a rezervelor sale omul dispune de trei mijloace: *1)* selecția artificială: decizia privind numărul de descendenți cărora le vor da naștere diferite organisme; *2)* decizia, în cazul organismelor cu reproducerea bisexuată, privind modul de combinare a gameților, deci decizia asupra sistemului de încrucișare (variante ale încrucișării consangvinizate, a împerecherilor încrucișate, a alegerii autofecundării sau a fecundării încrucișate la plante etc.); *3)* crearea de noi variații genetice prin acțiunea diferiților factori fizici și chimici, utilizată la plante și mai puțin la animale.

Caracteristica esențială a selecției artificiale actuale constă în faptul că alegerea reproducătorilor, în cele mai multe metode moderne, se face *cunoscînd structura lor genetică* sau cel puțin determinismul genetic al caracterelor vizate.

În cazul cînd *trăsătura vizată de selecție este controlată de o singură genă*, scopul urmărit de selecționator este de a spori frecvența genei respective în detrimentul genei nedorite.

Viteza cu care se va putea produce generalizarea genei date va depinde, între altele, în primul rînd de dominanța sau recesivitatea genei. Dacă *gena este dominantă*, înlocuirea va merge repede, deoarece detec-

tarea ei nu prezintă dificultăţi. Dacă *gena este recesivă,* iar selecţia este bazată pe caractere fenotipice, caracterul respectiv nu se va manifesta decît la indivizii homozigoţi pentru gena dată, ceea ce va face ca, la început, procesul să meargă foarte încet. Dar odată obţinuţi homozigoţii, viteza va putea creşte considerabil.

Trebuie, de asemenea, menţionat că în cazul genei dominante *A*, uneori homozigoţii *AA* nu se pot deosebi fenotipic de heterozigoţii *Aa*, ceea ce îngreuiază şi încetineşte procesul de eliminare a alelei *a*.

O serie de caractere ale grîului, porumbului şi a altor cereale au determinism monogenic şi, deci, sînt susceptibile de aplicare a acestei variante a selecţiei. Lipsa coarnelor la cornute, de asemenea intră în această categorie.

În cele mai multe cazuri trăsăturile cu valoare economică sînt determinate *poligenic.*

Sistemul poligenic reprezintă un ansamblu de gene aflate în interacţiune şi este de obicei echilibrat într-un tot armonios. Existenţa unui asemenea sistem implică o serie de efecte care complică şi îngreuiază procesul selecţiei. De pildă, înlocuirea unei alele prin alta, fiind compensată prin interacţiunea genelor, dă efecte fenotipice foarte slabe, deci este greu de recunoscut.

Intregul sistem poligenic fiind elaborat în cadrul şi în procesul evoluţiei populaţiei date, reprezintă de fapt o adaptare complexă a cărei expresie fenotipică corespunde cu condiţiile optime de reproducere a populaţiei. De aceea, dacă prin intervenţia selecţiei artificiale se modifică valoarea medie a unui caracter, datorită corelaţiilor din sistem apar şi răspunsuri corelate, adică se modifică şi alte caractere în mod neaşteptat şi, adesea, nedorit. De pildă, selecţia curcanilor în sensul creşterii neobişnuite a taliei şi a muşchilor pieptului a determinat, în mod corelat, scăderea capacităţii reproductive astfel încît pentru a salva rasa crescătorii au trebuit să recurgă la însămînţări artificiale.

Se constată că în asemenea împrejurări selecţia atinge un plafon în privinţa trăsăturii date. Uneori plafonul poate fi depăşit menţinînd presiunea selecţiei, ceea ce poate duce uneori la apariţia unei noi combinaţii genetice, deci poate determina apariţia unui nou sistem genetic echilibrat, care permite realizarea de noi progrese pe calea selecţiei.

Din punct de vedere economic, este foarte important să se poată pronostica, cu cît mai multă precizie, rezultatele aplicării selecţiei artificiale. Există diferite metode în acest scop.

În cazul simplu al selecţiei în masă, cînd alegerea reproducătorilor se bazează doar pe trăsături fenotipice, randamentul depinde de o serie de factori de care se ţine seama în prognoză. Între aceşti factori menţionăm *intensitatea selecţiei (i),* care reprezintă diferenţa dintre valoarea medie a trăsăturii date la indivizii selectaţi pentru reproducere şi valoarea medie a aceleiaşi trăsături la generaţia din care au fost aleşi (fig. 60).

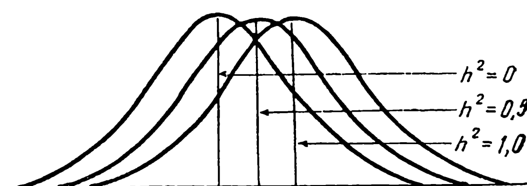


Fig. 60. Selecţia artificială; aprecierea cîştigului realizat.

În urma reproducerii părinţilor selectaţi, se va realiza un cîştig (ΔG) în privinţa valorii caracterului vizat. Acest cîştig depinde de gradul de transmitere ereditară a trăsăturii — *ereditabilitatea* (h^2). Deoarece selecţia în masă se face doar după criterii fenotipice, pot avea loc diferite situaţii, între următoarele două extreme:

a) valoarea fenotipică a trăsăturii date este determinată în întregime (100%) de condiţiile mediului şi, deci, gradul de transmitere este nul ($h^2=0$);

b) valoarea fenotipică a trăsăturii date este determinată în întregime genetic, în care caz $h^2=1$.

În primul caz selecţia nu poate avea eficacitate: dacă se menţin constante condiţiile mediului, atunci media valorii trăsăturii date la descendenţi va fi aceeaşi cu media generaţiei parentale şi, deci, cîştigul realizat va fi nul ($\Delta G=0$). În cazul al doilea, care reprezintă şi el o extremă, media caracterului la descendenţi va fi egală cu media de la reproducători (părinţi selectaţi din generaţie parentală).

Deci valoarea ereditabilităţii caracterului ales poate varia de la 0 la 1, iar ΔG se poate calcula după formula: $\Delta G=i \cdot h^2$.

De pildă, dacă se face selecţia pentru sporul în greutate a corpului şi se constată că $h^2=0{,}40$, iar la reproducători (părinţii selectaţi) media greutăţii corpului este cu 200 g mai mare decît media generaţiei lor (deci $i=200$), atunci $\Delta G=i \times h^2=200 \times 0{,}40=80$ g.

Aplicarea concretă a metodei se loveşte de numeroase dificultăţi, printre care menţionăm faptul că valoarea lui h^2 nu este constantă de la o generaţie la alta şi depinde de numeroşi factori: rata de înmulţire nu este aceeaşi la reproducători; multe caractere importante economic, în expresia lor sînt dependente de sex, ceea ce face ca selecţia să fie însoţită de scăderea prolificităţii; testarea unor produse (ca lapte, ouă) nu poate fi făcută decît pe femele şi doar indirect pe masculi, ceea ce sporeşte gradul de incertitudine şi durata selecţiei.

Toate aceste dificultăţi fac ca selecţia în masă să nu fie suficient de eficace şi de rentabilă, mai ales în cazurile cînd valoarea lui h^2 este mică. De aceea, adesea, selecţia în masă este înlocuită prin *selecţie familială,* în care criteriul calităţii fenotipice a individului este înlocuit prin criteriul calităţii familiei folosită pentru reproducere (ca în cazul porcilor, menţionat mai înainte). Se foloseşte, de asemenea, şi *selecţia combinată* în care se ţine seama atît de calităţile individuale, cît şi ale familiei ca întreg.

De multe ori selecţionatorii sînt nevoiţi să aplice *selecţia pentru obiective multiple,* deoarece numai realizînd simultan o serie de calităţi ale produsului el devine valoros. De pildă, în cazul grîului, nu este suficientă doar o sporire a numărului boabelor. Grîul trebuie să fie rezistent la boli, să dea o făină bună, să crească repede, boabele să fie uniforme, să fie rezistent la frig, la cădere, la secetă etc. Adesea unele caractere sînt corelate negativ între ele, în sensul că nu se poate realiza decît unul dintre ele. De pildă, numărul boabelor şi greutatea lor, numărul ouălor şi mărimea lor etc. În aceste situaţii selecţia devine un proces extrem de complex.

Practic, în asemenea cazuri, se aplică diferite procedee: *a)* selecția așa-numită *în tandem* sau succesivă, cînd se urmărește realizarea pe rînd, succesiv, a diferitelor caractere, pînă la atingerea nivelului dorit sau posibil; *b) selecția simultană,* dar independentă, a diferitelor caractere. Este mai eficientă în privința realizării caracterelor, dar de durată mai lungă; *c)* cea mai eficientă pare selecția urmărind maximalizarea valorii economice globale determinată genetic. Dar pentru că aplicarea ei și eficiența depind de foarte numeroși factori variabili (de pildă, în producția de ouă: de fertilitate, capacitate de incubare, mortalitate timpurie, mortalitate după sezonul de depunere a ouălor, tendința de a nu mai oua, mărimea corpului, vîrsta de începere a ouatului, ritmul ouatului, însușirile oului etc.), metoda este posibilă numai cu ajutorul calculatoarelor electronice.

La procedeele amintite trebuie adăugate încă două: *a)* realizarea soiurilor și raselor *heterozice,* devenită posibilă odată cu descoperirea fenomenului heterozis. Obținerea hibrizilor dubli din linii consangvinizate este practicată pe scară largă, mai ales la porumb și găini și dă rezultate remarcabile; *b)* obținerea dirijată a formelor vegetale și animale *amfidiploide* (vezi *Capit. 3.5*), prin controlul strict al încrucișărilor.[1]

5.1.4. SELECȚIA ARTIFICIALĂ CA SISTEM

Selecția artificială, așa cum a fost prezentată în acest capitol și cum este de obicei prezentată în diferite lucrări, reprezintă, în esență, *o metodă de transformare* a plantelor și animalelor în sensul util omului.

Privită din punct de vedere sistemic, selecția artificială și rezultatele ei ne apar ca una din formele importante a relațiilor omului cu natura vie (cu ecosfera), ca o expresie a activității sociale a omului care determină și controlează o nouă cale de dezvoltare a naturii vii, subordonînd-o intereselor societății umane.

Această afirmație se sprijină pe mai multe fapte.

Prin selecție artificială au fost create multe mii de noi forme de plante și animale care nu existau și nici nu ar putea exista în natura liberă.

Însușirile morfologice, fiziologice, comportamentale și productive ale formelor cultivate sînt *calitativ diferite* de ale speciilor sălbatice de origine.

Mărimea populațiilor de plante și animale întreținute de om este adesea uriașă, depășind dimensiunile oricărei populații naturale echivalente (graminee cultivate, plante furajere, legume, pomi fructiferi, plante ornamentale, tehnice, păsări domestice, cornute mari, ovine, suine, cabaline etc.). Suprafețele de teren ocupate de aceste populații sînt imense și reprezintă o proporție considerabilă a suprafeței uscatului planetar.

Dacă aceste fapte reprezintă urmările directe ale selecției artificiale, consecințele indirecte, legate de existența plantelor cultivate și a anima-

[1] Bazele genetice ale ambelor procedee sînt tratate în toate manualele de genetică și, de aceea, nu ne vom mai opri aici asupra lor.

lelor domestice, sînt deosebit de mari și profunde: dizlocarea, transformarea, restrîngerea sau chiar dispariția unor ecosisteme naturale (a pădurilor, a cîmpiilor naturale, a luncilor inundabile etc.); modificarea solului pe întinderi mari prin arat, prin aplicarea îngrășămintelor, a pesticidelor, prin irigații, prin favorizarea eroziunii, prin pășunat excesiv, care duc apoi la extinderea deșerturilor etc.; modificarea bazinelor hidrografice prin baraje, canale și alte sisteme necesitate de irigarea culturilor; modificarea climei (mai ales a mezoclimei și, desigur, a microclimei) prin schimbarea structurii ecosistemelor; modificarea ciclurilor biogeochimice a multor elemente esențiale pentru viață (C, N, P, S, K, Ca etc.); modificarea intensității fluxului de energie prin ecosisteme.

O privire de ansamblu asupra formelor cultivate de om atestă, după cum s-a menționat la începutul acestui capitol, că ele posedă o trăsătură esențială, comună pentru toate: sînt, într-un fel sau altul, *utile omului*, adică poartă amprenta intereselor lui. Aceasta arată că formele cultivate reprezintă rezultatul activității omului. Trăsăturile comune caracteristice tuturor formelor cultivate arată că ele, în ansamblu, nu constituie doar o sumă de elemente, ci *constituie un sistem biologic*, avînd o anumită organizare de nivel individual și supraindividual, deci o anumită structură și anumite funcții.

Caracteristica cea mai importantă a acestui sistem constă în faptul că el reprezintă o parte componentă, un subsistem al sistemului societății omenești. Ca urmare, structura acestui subsistem (elementele lui componente, însușirile lor, corelațiile dintre ele), ca și funcțiile lui (rolul și locul elementelor în sistemul societății umane) sînt subordonate legilor societății omenești, coordonate și controlate de acestea.

Structura. În primul rînd, componența speciilor cultivate este determinată de *necesitățile* fiecărei societăți (alimentare, tehnice, medicale, estetice etc.), deci de gradul de dezvoltare al societății respective, de diversificarea cerințelor ei. De asemenea, importante sînt și *însușirile*, calitățile inițiale ale formelor sălbatice, determinînd preluarea lor în culturi și ameliorarea, transformarea lor prin selecție artificială. Într-adevăr, fiecare societate a preluat din natură anumite specii, cu anumite însușiri, care apoi au fost dezvoltate prin acțiunea selectivă a omului. Un alt factor care influențează structura acestui sistem al formelor de cultură este *dezvoltarea cunoștințelor și metodelor științifice* care permit controlul eredității organismelor. Aceste cunoștințe, care apar odată cu dezvoltarea modernă a științelor naturii, permit preluarea în cultură a unor noi forme vii (microorganisme, de pildă cele producătoare de antibiotice, animale folosite în lupta biologică contra dăunătorilor etc.) înainte inaccesibile metodelor de cultură și de selecție. De asemenea, cunoștințele, metodele și tehnicile moderne permit geneticienilor și amelioratorilor să se adreseze direct genotipului, determinînd formarea unor caractere dinainte cunoscute (inducerea artificială de mutații, poliploidia provocată, încrucișarea dirijată, „ingineria“ genetică etc.). În acest fel, transformarea formelor, apariția a tot mai multe noi forme cultivate, se desfășoară într-un ritm tot mai accelerat.

După cum se știe, *corelațiile* dintre elementele componente ale unui sistem reprezintă o latură a structurii. Omul, factor determinant al selecției artificiale, transformă aceste corelații între populațiile (speciile)

cultivate, cît și la nivel individual, între părțile și procesele componente ale indivizilor.

Astfel, relațiile numerice *(cantitative)* între diferite specii cultivate nu mai sînt controlate prin legi naturale ci depind de necesitățile producției, de necesitățile dezvoltării economico-sociale, deci în esență sînt controlate de om.

Datorită activității omului se schimbă și *corelațiile calitative*. Se produc plante sau animale mai rezistente la diferiții factori abiotici (secetă, temperaturi scăzute, rezistență la pesticide, la antibiotice etc.) sau biologici (rezistență față de diferiți agenți patogeni, față de unii paraziți etc.) Se schimbă corelațiile dintre formele cultivate și dăunătorii lor, dintre aceștia și dușmanii lor naturali sau „cultivați" de om.

Schimbarea componenței și a corelațiilor dintre elementele agrosistemelor determină simplificarea structurii lor trofice, modificarea legilor succesiunii ecologice, sensibilitatea lor față de variațiile diferiților factori, instabilitatea lor, dar și o productivitate sporită.

Omul determină și schimbări importante ale funcțiilor diferitelor forme cultivate: culturi de plante specializate pentru producții de alimente, de materii prime industriale, farmaceutice etc., animale crescute pentru anumite țeluri: producție de lapte, de carne, de ouă, de lînă, grăsime, piei, tracțiune, viteză de alergare etc. Aceste *transformări funcționale* ale populațiilor, obținute printr-o îndelungată selecție, afectează trăsăturile fiziologice și morfologice ale indivizilor (deci organizarea sistemelor individuale). Procesele metabolice sînt orientate în anumite sensuri, mai utile omului, apar schimbări morfologice importante. Atît schimbările fiziologice, cît și cele morfologice adesea sînt atît de profunde încît devin incompatibile cu existența de sine stătătoare a unor asemenea populații sau indivizi de plante și animale (flori sterile, fructe fără semințe, acumulări de grăsime la animale, cantități mari de lapte, de ouă și care, în condiții naturale, ar periclita existența populațiilor, modificări de comportamente, de instincte etc.). Din punct de vedere al speciilor sălbatice acestea reprezintă adevărate monstruozități, hipertelii. Aceste caractere hipertrofiate, schimbate calitativ, incompatibile cu existența de sine stătătoare a populațiilor date, reprezintă cea mai elocventă dovadă a faptului că legile unui subsistem sînt controlate, orientate de legile sistemului integrator, superior, în cazul de față — sistemul societății umane.

Formele de plante și animale cultivate reprezintă rezultatul muncii oamenilor, desfășurată în succesiunea multor generații, și ele nu pot persista decît sub îngrijirea oamenilor, deci în cadrul sistemului social. Pentru menținerea formelor produse și pentru perfecționarea lor se investește o mare cantitate de muncă socială, de energie. Aceasta ne arată că selecția artificială determină desfășurarea evoluției vieții pe o cale calitativ diferită de cea din natura liberă. Una din particularitățile acestei căi este că din punct de vedere termodinamic ea duce la apariția formelor cu cea mai mare improbabilitate (S. I. Isaiev și A. I. Ignatov, 1976).

După cum s-a arătat mai înainte, toate sistemele biologice sînt antientropice: ele sînt capabile să se dezvolte, să acumuleze substanță organică (deci energie), să dobîndească un grad de organizare din ce în ce

mai complex şi mai perfecţionat, să se menţină într-un mediu care tinde să le dezorganizeze.

Sistemele biologice ale formelor cultivate, atît individuale cît şi populaţionale, prin însuşirile lor dobîndite datorită energiei investite de om (selecţia artificială), prin imposibilitatea existenţei lor de sine stătătoare, prezintă un grad de improbabilitate şi mai mare faţă de formele existente în natura liberă.

Privite lucrurile pe plan planetar apare clar că sistemul biologic al formelor cultivate de plante şi animale, integrat în sistemul societăţii omeneşti, apare ca o componentă a ecosferei, componentă al cărei rol planetar în transferul de materie şi energie, în evoluţia sistemelor biologice în general, este în permanentă creştere.

Din cele spuse anterior apare clar că evoluţia acestui sistem biologic al formelor cultivate, subordonată intereselor omeneşti, merge pe o cale diferită de a ecosistemelor naturale.

Discuţia în ansamblu a acestei probleme depăşeşte cadrul capitolului de faţă. Dar aici trebuie relevată o trăsătură caracteristică a proceselor de transfer material şi de energie, rezultat din felul de desfăşurare al selecţiei artificiale.

În natura liberă evoluţia diferitelor grupe de organisme se produce corelat, în sensul că schimbarea trăsăturilor morfologice, fiziologice, ecologice, productive ale unei populaţii atrage după sine transformarea corelată a altor populaţii. Acest proces determină o reciclare permanentă, mereu „optimizată“ a substanţelor. Selecţia artificială, urmărind (inconştient sau metodic) transformarea plantelor şi animalelor de utilitate imediată, nu realizează corelarea necesară între transformarea diferitelor verigi ale circuitului material. Urmarea este faptul că procesul de transfer al substanţelor capătă un pronunţat caracter liniar, ducînd la acumularea deşeurilor. Aceasta se datorează mai ales faptului că o verigă esenţială a circuitului — microorganismele reducătoare, care determină mineralizarea deşeurilor organice şi, deci, reciclarea materiei — a rămas în afara atenţiei selecţionatorilor. Omul încearcă să compenseze această deficienţă prin administrarea îngrăşămintelor, prin folosirea tot mai intensă a pesticidelor, fapt care are şi reversul său, ducînd treptat la o şi mai mare scădere a eficienţei reducătorilor.

Concluzia care se desprinde este că perspectivele aplicării şi dezvoltării selecţiei artificiale necesită un examen de pe poziţia „strategiei“ sistemului biologic al formelor cultivate, ca parte integrantă (subsistem) a societăţii. Aceasta va putea arăta căile de urmat pentru transformarea armonioasă, corelată a formelor vii şi numai în acest fel selecţia artificială, ca expresie a intereselor şi legilor sociale, va deveni o metodă ştiinţifică eficientă de control al sistemului formelor biologice de cultură.

5.2. SELECŢIA NATURALĂ

Fenomenul a fost descoperit de către Ch. Darwin pornind de la selecţia artificială „inconştientă“. Într-adevăr, în această din urmă formă a selecţiei, rolul omului este ca şi al oricărui factor natural. Înseamnă că selecţia se poate desfăşura în natură şi în absenţa omului.

Selecţia naturală sau „supravieţuirea celui mai apt" (denumire dată de A. Wallace, coautorul teoriei selecţiei naturale, şi acceptată de Darwin) în concepţia clasică darwinistă avea un preponderent caracter individualist şi, totodată, *era concepută mai ales ca o forţă negativă*, a cărei acţiune constă mai ales în eliminarea indivizilor mai puţin adaptaţi şi, implicit, supravieţuirea şi reproducerea celor mai apţi, ceea ce reprezintă doar un aspect al selecţiei. Darwin a scos însă în evidenţă şi *rolul creator* al selecţiei şi în nici un caz nu a limitat acţiunea selecţiei la funcţia de triere a unor variaţii preexistente. Totodată, el a fost primul care a sesizat, în anumite cazuri, şi caracterul de grup al selecţiei. Prin urmare, concepţia darwinistă, clasică a selecţiei este bogată şi multilaterală. Ea pune accent mai pronunţat pe individualismul selecţiei dar cuprinde şi multe elemente ale actualei „gîndiri populaţionale".

Progresele biologiei şi ale altor ştiinţe în perioada de după apariţia darwinismului au dus la o cunoaştere mai aprofundată a problemelor selecţiei, au determinat schimbări semnificative în modul de a înţelege mecanismele ei concrete. Vom analiza pe rînd aspectele actuale cele mai importante ale selecţiei.

5.2.1. OBIECTUL SELECŢIEI NATURALE

Cunoscutul biolog american E. Mayr arată, pe bună dreptate, că „înlocuirea gîndirii tipologice prin gîndirea populaţională este, poate, cea mai mare revoluţie de concepţie care a avut loc în biologie". Esenţa acestei revoluţii constă în ideea că obiectul selecţiei şi, deci, purtătorul evoluţiei nu este individul ci populaţia. Adică s-a dovedit că ceea ce Darwin aplica mai ales la animalele „sociale" sau la unele cazuri de altă natură reprezintă cea mai largă şi mai importantă trăsătură caracteristică a selecţiei. Aceasta înseamnă că selecţia are caracterul unei legi supraindividuale: ea este *legea sistemelor populaţionale* (sau ale speciei). Deci ea acţionează totdeauna favorizînd acele variaţii individuale (de orice natură ar fi ele) care se dovedesc a fi utile în primul rînd pentru supravieţuirea *populaţiei* în condiţiile ei concrete de existenţă. Această acţiune se poate exercita fie prin distrugerea treptată şi sistematică a acelor categorii de indivizi care corespund mai puţin necesităţilor populaţiei, fie pe cale paşnică prin eliminarea lor treptată de la reproducere. Pe oricare din căi ar lucra selecţia, rezultatul va fi restructurarea treptată a populaţiei şi a indivizilor ei componenţi, acordarea acestor structuri şi a modului lor de funcţionare cu condiţiile de existenţă.

Spre deosebire de selecţia artificială modernă, în care selecţionatorul cunoscînd structura genetică a indivizilor şi a grupului cu care lucrează poate acţiona direct asupra genotipului (provocînd apariţia mutaţiilor, controlînd procesul încrucişărilor, numărul descendenţilor etc.), *selecţia naturală acţionează direct numai asupra fenotipilor şi, prin fenotipi, asupra genotipilor*. Într-adevăr, fiecare organism îşi desfăşoară activitatea prin caracterele sale fenotipice. Selecţia va favoriza deci fenotipii cei mai corespunzători necesităţilor populaţiei şi va elimina pe cei mai puţin corespunzători. Selectînd anumiţi fenotipi, odată cu ei vor fi păstraţi şi genotipii respectivi, genotipi care produc fenotipii daţi.

Mai trebuie subliniat că selecția nu acționează asupra caracterelor fenotipice izolate (separarea lor o facem noi și totdeauna ea este artificială), ci asupra ansamblului fenotipic, asupra *rezultantei* tuturor trăsăturilor fenotipice. Această rezultantă trebuie să îndeplinească două condiții esențiale: *a)* să fie compatibilă cu existența individului. Aceasta implică faptul că pot persista și unele caractere fenotipice indiferente sau chiar, într-o măsură, dăunătoare, dacă sînt compensate de alte caractere fenotipice utile; *b)* să fie utilă populației, ceea ce înseamnă, cum se va vedea mai departe, că pot persista caractere fenotipice (respectiv și structurile genotipice corespunzătoare) dăunătoare într-o măsură individului purtător, dar utile populației ca întreg.

Faptul că populația este obiectul și cîmpul de acțiune al selecției poate fi dovedit prin nenumărate fapte. În acest sens, fenomenele de polimorfism reprezintă una din cele mai elocvente dovezi (vezi *Capit. 4.3)*. Caractere genetice atît de periculoase existenței individuale, ca acelea reprezentînd așa-numita „povară genetică", sînt menținute de selecție pentru că, în anumite împrejurări, sînt utile populației.

5.2.2. NATURA SELECȚIEI

În urma elaborării teoriei genetico-matematice a selecției, acum 4—5 decenii în urmă, și a dezvoltării ulterioare a acestei teorii, selecția este concepută ca o lege statistică. Ea determină schimbări evolutive favorizînd înmulțirea diferențiată a unor gene sau combinații genice în detrimentul altora și, deci, duce treptat la schimbarea frecvenței genelor sau a combinațiilor genice, de la o generație la alta. Selecția va favoriza mereu acele gene sau combinații genice care vor asigura cea mai eficientă adaptare a populației la condițiile mediului.

Teoria statistică a selecției a reprezentat un important progres în înțelegerea mai corectă și mai profundă a modului de acțiune al acestui factor, în elaborarea unor metode cantitative de cercetare a transformărilor populaționale și, deci, a evoluției. Aplicarea ei generalizată și mai ales absolutizată se lovește însă de dificultăți și determină rezerve, justificate, a multor biologi. Vom arăta unele obiecții față de acest mod de a concepe selecția naturală.

Legile statistice fiind legi ale numerelor mari, o populație, din punctul de vedere al acestor legi, este concepută ca fiind formată dintr-un număr teoretic infinit de unități, este deci, în esență, o abstracție.

În sens biologic, populația este totdeauna o unitate concretă, aparținînd unui anumit taxon vegetal sau animal, localizată în anumite condiții, în timp și spațiu.

Deoarece la populațiile mici nu se pot aplica legile statistice, concluzia teoretică este aceea că asemenea populații evoluează fără controlul selecției, ceea ce nu corespunde realității, după cum vom vedea mai departe.

Legile statistice pornesc de la ipoteza caracterului întîmplător, probabilistic, al evenimentelor într-o populație. Astfel, mutațiile sînt considerate ca fiind cu totul întîmplătoare, la fel încrucișările, întîlnirea între gameți și fecundația. Deși, în mod real, aceste procese au un pronunțat

caracter statistic, nu-l au totuși în întregime. De pildă, este un fapt bine stabilit că diferite mutații apar cu frecvențe diferite: unele gene se modifică mai frecvent decît altele.

În privința încrucișărilor se știe că panmixia ideală, practic, nu are loc din diferite motive, printre care și caracterul electiv al împerecherilor, mai ales la speciile de animale mai evoluate. De asemenea, nici fecundația nu este cu totul întîmplătoare.

Teoria statistică nu ține seama de procesul dezvoltării individuale, adică tocmai de procesul de transformare al informației genotipului în fenotip. Expresia fenotipică a organismului nu se realizează numai sub influența genotipului ci prin interacțiune cu factorii concreți ai mediului (vezi *Capit. 3.5)*.

„Fenotipul — după expresia lui I. Ș m a l g a u s e n (1968) reprezintă mijlocul de legătură dintre genotip și mediul extern și, totodată, este regulatorul schimbului de substanțe între individ și acest mediu". Același autor arată că „Întregul sens al dezvoltării individuale constă în transformarea informației ereditare în sistemul legăturilor vitale ale organismului cu mediul. Aceste legături se stabilesc prin trăsăturile fenotipului care, în același timp, reprezintă mijloacele care fac posibil controlul acestei organizări de către factorii ecosistemului".

Gradul de libertate al apariției diferitelor evenimente (deci caracterul lor întîmplător) în cadrul unui sistem este cu atît mai îngrădit cu cît conexiunile în sistem sînt mai numeroase (vezi *Capit. 4)*, cu cît sistemul are o mai înaltă organizare. De aceea, apariția întîmplătoare a mutațiilor, caracterul întîmplător al împerecherilor, al fecundației etc. sînt limitate prin existența unei ierarhii sistemice, începînd cu organizarea însăși a codului genetic, a macromoleculelor de ADN, a cromozomilor, a celulelor, a organismului ca întreg, pînă la organizarea sistemică a populației. Evident că aceste trăsături sînt exprimate și dezvoltate în mod diferit la specii aflate pe diferite trepte evolutive, ceea ce impune aplicarea diferențială a legităților evoluției și, deci, a metodelor de studiu al ei.

Legitățile statistice preponderente la grupele inferioare, la care cea mai mare parte a energiei realizată de populație este cheltuită pentru o prolificitate sporită, care reprezintă la ele cel mai important mijloc de supraviețuire, pierd treptat acest caracter statistic și capătă un tot mai pronunțat caracter al legităților dinamice la grupele tot mai evoluate la care cantitatea de energie cheltuită pentru înmulțire scade, formele de energie se diversifică, crește cantitatea de energie cheltuită pentru desfășurarea unor activități tot mai diversificate și mai complexe și la care însușirile, calitățile fiecărui individ în parte devin tot mai importante pentru îndeplinirea funcțiilor în cadrul populației.

Fără să subestimăm importanța teoriei statistice a evoluției, a metodelor statistice de cercetare a proceselor evolutive și de prelucrare a datelor biologice privitoare la biologia populațiilor, motivele arătate fac necesară o anumită prudență în aplicarea unilaterală a acestei teorii, impun aprecierea ei diferențiată în funcție de natura populațiilor și de problemele examinate, evitarea absolutizării ei și examinarea rezultatelor obținute în cadrul complex al existenței și activității populațiilor.

5.2.3. FORME ALE SELECȚIEI NATURALE

Selecția naturală este legea sistemelor biologice de nivel populațional (al speciei). Ea este în același timp cauza și efectul trăsăturilor organizatorice, structurale și funcționale ale populațiilor, deci a trăsăturilor interne, caracteristice, proprii fiecărei populații. Dar populațiile există și-și desfășoară activitatea în cadrul unor ecosisteme concrete, ceea ce face ca orientarea, sensul și intensitatea selecției, formele ei de acțiune să fie influențate nu numai de factorii interni, proprii populației, ci și de factorii externi, ai ecosistemului, în sensul elaborării și dezvoltării acelor trăsături ale populației care permit supraviețuirea ei normală în condiții concrete ale mediului său.

Pornind de la aceste considerente putem distinge două categorii de forme ale selecției naturale: *selecția intraspecifică,* determinată mai ales de factorii interni ai populației, de relațiile intraspecifice și selecția determinată mai ales de factorii externi față de populație, pe care am putea-o denumi *ectospecifică*, pentru a cuprinde atît rolul factorilor biologici (relațiile interspecifice), cît și a factorilor abiotici.

Desigur, între factorii interni, proprii populației și cei externi există o permanentă întrepătrundere și intercondiționare, de aceea despărțirea lor nu trebuie deloc exagerată și absolutizată. Totuși, ea este justificată prin faptul că în unele forme ale selecției este evident preponderentă influența factorilor interni, în alte forme aceea a factorilor externi.

Selecția intraspecifică. Din această categorie cea mai bine cunoscută este *selecția sexuală*. Ch. Darwin, descoperitorul acestui fel de selecție, delimitînd-o de selecția naturală „obișnuită", a delimitat pentru prima dată cele două categorii de selecție — intra- și interspecifică. Într-adevăr, în *Rezumatul general la descendența omului și selecția sexuală* (București, 1967, p. 497) el spune: „Selecția sexuală depinde de succesul anumitor indivizi asupra altora de același sex în legătură cu reproducerea speciei, pe cînd selecția naturală depinde de succesul ambelor sexe, de toate vîrstele, în legătură cu condițiile generale de viață".

Darwin a formulat teoria selecției sexuale pentru a explica o serie de trăsături ale unor grupe de animale, trăsături inexplicabile din punctul de vedere al selecției naturale obișnuite.

Astfel, la multe animale există un pronunțat dimorfism sexual (fig. 61). La numeroase insecte, la pești și amfibii (mai ales în perioadele de reproducere) și în special la păsări și mamifere, masculii au adesea un colorit deosebit de al femelelor (mai viu), veșmînt nupțial sau permanent mai bogat, organe de atac și de apărare mai dezvoltate, un comportament deosebit de al femelelor. Aceste deosebiri, uneori foarte pregnante, au apărut cu toate că ambele sexe ale unei specii trăiesc în aceleași condiții ale mediului. Mai mult chiar, aceste trăsături contrazic adeseori, în aparență cel puțin, principiul de acțiune al selecției naturale obișnuite. Într-adevăr, aceasta din urmă elaborează culori, forme, comportamente care să camufleze animalele, să le ascundă de privirile dușmanilor sau ale prăzii, or caracterele sexuale secundare și comportamentul din perioadele de reproducere sînt contrare acestui principiu. În aceste perioade, masculii adesea se adună laolaltă, se bat, cîntă, emit mirosuri puternice, pierd prudența lor obișnuită, ceea ce le trădează locul atît în fața dușmanilor cît și a prăzii.

D a r w i n arată că apariția și dezvoltarea acestor caractere în procesul evoluției se datorează selecției sexuale. „Lupta sexuală — spunea D a r w i n — este de două feluri: într-un caz, lupta este între indivizii de același sex, în general între masculi, cu scopul de a goni sau de a-și ucide rivalii, femelele rămînînd pasive, pe cînd în celălalt lupta este de asemenea între indivizii de același sex, cu scopul de a excita sau încînta indivizii de celălalt sex, femelele, care nu mai sînt pasive, ci aleg partenerii cei mai plăcuți".

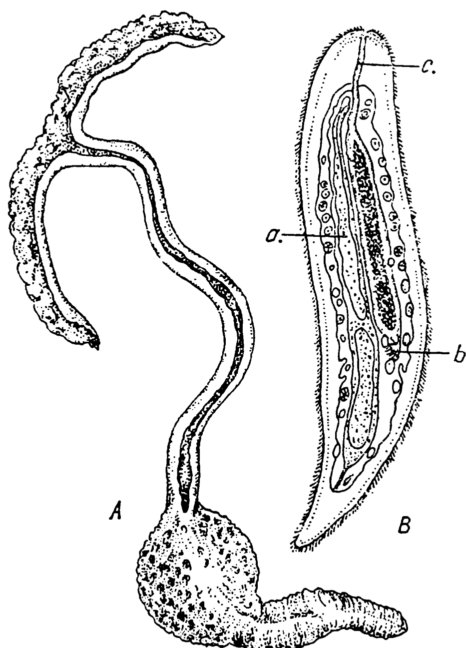


Fig. 61. Dimorfism sexual la echiuridul *Bonellia: A* — femela (micșorată); *B* — masculul (mult mărit):
a — intestinul rudimentar; *b* — pîlnia; *c* — canalul nefridiei.

Prima formă, adică lupta dintre masculi avînd drept rost eliminarea rivalilor de la reproducere, explică dezvoltarea la masculi, în decursul evoluției, a mijloacelor corespunzătoare de luptă: de pildă, coarne, țesuturi protectoare, comportamente agresive etc. Învingătorul din aceste lupte, adică acela care posedă putere și vigoare mai mare, arme mai bine dezvoltate, îl elimină de la reproducere pe rival și asigură perpetuarea speciei. Deci el este avantajat atît în luptă, cît și în transmiterea caracterelor sale. Caracterele odată apărute sînt perfecționate încetul cu încetul.[1]

În cea de a doua formă, concurența dintre masculi se bazează pe bogăția penajului, pe perfecțiunea cîntecului, pe mărimea și frumusețea coarnelor sau altor ornamente sau caractere morfologice (creste, culori etc.), pe modul cum este „curtată" femela etc. Femelele vor alege masculii cei mai atrăgători și astfel ei își vor trasmite caracterele la descendenți.

Aceste caractere ale masculilor au și un alt rol: atrăgînd mai ușor atenția dușmanilor, contribuie la supraviețuirea mai bună a femelelor.

Teoria și concepția lui D a r w i n despre selecția sexuală a provocat o vie opoziție și numeroase critici încă de la apariția ei (1871), iar ulterior, datorită progreselor biologiei, i s-au adus o serie de completări și schimbări. Dată fiind importanța acestei teorii pentru înțelegerea pro-

[1] Aici apare deosebit de pregnant caracterul dinamic și nu cel statistic al selecției: calitățile individuale ale masculilor, rolul expresiei fenotipice, la fiecare individ în parte, a genotipului și rolul factorilor mediului (de pildă, al nutriției), a „experienței" individuale etc. Totodată, aceste fapte arată caracterul pronunțat selectiv al încrucișărilor.

cesului evoluției, vom examina pe scurt obiecțiile mai importante și poziția ei actuală.

Deosebit de criticat, la început, a fost cel de-al doilea aspect al selecției sexuale, privind alegerea de către femele a masculilor „mai plăcuți". Ea a fost calificată drept antropomorfă, deoarece ar atribui animalelor gusturile și aprecierile subiective ale oamenilor, considerînd că dacă nouă de pildă ne place coada masculului de păun sau cîntecul privighetorii, același gust trebuie să-l aibă și femelele respective. Aceste obiecții au fost curînd înlăturate deoarece numeroase observații și experiențe special efectuate au demonstrat realitatea alegerii masculilor de către femele, la diferitele specii de animale.

În secolul nostru, argumentele cele mai serioase împotriva selecției sexuale le-a adus T. H. Morgan (1932), negînd total existența acestei forme a selecției. El a prezentat, în esență, două argumente:

a) deoarece la majoritatea speciilor raportul numeric dintre cele două sexe este aproximativ 1/1, înseamnă că, practic, toți masculii au posibilitatea de a se încrucișa cu femelele respective, și deci nu există selectivitate nici în încrucișare și nici în transmiterea corespunzătoare a caracterelor la descendenți;

b) caracterele sexuale secundare se dezvoltă sub influența hormonilor și sînt determinate de aceștia și nu de activitatea psihică a creierului pe care o implică, de pildă, alegerea partenerilor.

Primul argument nu corespunde faptelor. Într-adevăr, la păsările și mamiferele poligame reproducerea și, deci, transmiterea caracterelor este asigurată de o mică minoritate la masculi. La speciile monogame, observațiile și experiențele arată că niciodată nu participă toți masculii la reproducere. Chiar la *Drosophila,* după cum rezultă din experiențe, la reproducere nu participă toți masculii dintr-o populație ci există o electivitate preferențială. De pildă, încă de multă vreme s-a constatat că la *Drosophila melanogaster,* în populații în care există mutante cu unele anomalii în nervațiunea aripilor, copulările sînt mai frecvente între indivizi normali decît între aceștia și cei mutanți.

Mai mulți autori în experiențe cu specia citată au constatat că masculii de tip sălbatic copulează de obicei mult mai frecvent decît cei mutanți. Se subliniază că în acest fenomen nu este vorba de o alegere propriu-zisă a partenerilor ci de o diferență în activitatea desfășurată de indivizi de tip sălbatic și cei mutanți: masculii de tip mutant sînt de obicei mai puțin activi; masculii de tip sălbatic sînt mai activi, paradele lor nupțiale sînt mai viguroase, mai persistente, ceea ce face ca și copulările lor să fie mai frecvente. Acest lucru apare avantajos pentru populație, asigurînd un grad sporit de heterozigoție.

Al doilea argument este ceva mai complex. În sprijinul lui se aduce faptul că la păsări, de pildă, sub influența unui tratament hormonal se pot obține transformări ale organelor sexuale secundare.

Th. Dobzhansky și E. Boesiger (1968) arată că transformarea sexului prin tratament hormonal demonstrează doar bipotențialitatea zigoților: toți zigoții conțin, potențial, bagajul genetic necesar dezvoltării oricăruia din cele două sexe, cu toate organele sexuale secundare corespunzătoare. Prin mecanisme genetice sau hormonale încă insuficient cunoscute se produce blocarea sau, din contră, activarea unei părți

a genomului, permițînd în acest fel dezvoltarea doar a unuia din sexe. Că așa stau lucrurile, o dovedesc faptele constatate și în cazul altor grupe de animale. De pildă, la bovine, selecția pentru sporirea producției de lapte (mai ales cînd se aplică însămînțări artificiale) se face pe *tauri* și nu atîta pe vaci. Înseamnă că masculii au gene care determină calitățile lactației, deși la masculi aceste gene nu sînt exprimate fenotipic.

Prin urmare, hormonii reprezintă un mijloc, un mecanism care eliberează anumite potențialități, care permit desfășurarea unor procese și inhibă alte procese. Acestea reprezintă, deci, *mecanisme* fiziologice, biochimice de dezvoltare și realizare a caracterelor sexuale secundare în cursul vieții fiecărui individ în parte. După cum spun autorii amintiți, hormonii nu fac decît să dea la iveală ceea ce o îndelungată evoluție a încorporat în genomul ambelor sexe. Ceea ce trebuie explicat este însă *originea* acestor mecanisme și *dezvoltarea* lor în istoria fiecărui grup. Teoria selecției dă această explicație.

După cum s-a arătat, obiecția lui Morgan cuprinde și ideea că activitatea psihică nu are vreun rol și, deci, nu se produce „alegerea" partenerilor. Participarea sistemului nervos, în ultima instanță a creierului, la procesul selecției sexuale este dovedită experimental.

La unii pești s-a putut dovedi că femelele preferă masculii mai viu colorați: o femelă de *Hemichromis* a fost ținută într-un vas, lîngă care se aflau alte două vase cu cîte un mascul. Unul din aceștia era colorat mai viu, pe cale artificială. S-a constatat că femela tindea mereu să se îndrepte către acesta. La papagali, s-a putut arăta că femelele respingeau masculii cărora li s-au tăiat penele ornamentale sau, din contră, preferau masculii cărora li s-au adăugat, artificial, pene ornamentale suplimentare. Observații atente și îndelungate efectuate de către N. Tinbergen pe specii de pescăruși au arătat că alegerea partenerilor se făcea prin recunoașterea individuală a păsărilor, bazată pe cele mai mici variații, insesizabile de către om. Unele experiențe au arătat că alegerea depinde uneori și de obiceiuri dobîndite. De pildă, dacă puii de șoareci domestici sînt crescuți în prezența șoarecilor avînd un alt fenotip decît părinții lor, devenind adulte femelele manifestă preferințe pentru masculii cu fenotipul cu care s-au obișnuit. Este evident că această preferință nu este înscrisă în genom, ea este rezultatul „învățării".

În prezent, în urma cercetărilor lui J. Huxley și a altor biologi, se admite că diferitele caractere, considerate ca folositoare doar în relații de reproducere și care, deci, s-ar datora selecției sexuale, de fapt sînt adesea utile și în cadrul selecției naturale obișnuite, deci în relații de altă natură decît cele legate strict de reproducere. De pildă, cîntecul masculilor este considerat ca un mijloc de marcare a teritoriului său de hrană și de reproducere și doar în mod secundar ca o chemare pentru femelă. Culorile vii ale masculilor reprezintă mai curînd o avertizare și o amenințare pentru rivali decît un mijloc de atragere a femelelor.

În felul acesta apare mult diminuat rolul selecției sexuale față de modul cum era conceput de către Darwin.

Problema însă trebuie analizată mai larg. Este vorba de relațiile dintre selecția sexuală (ca formă a selecției intraspecifice) și selecția obișnuită rezultată din relațiile speciei cu factorii externi. Între aceste două forme există o permanentă contradicție. Caracterele sexuale secundare, ca

și toate comportamentele perigamice, teoretic se pare că vor fi cu atît mai utile în asigurarea reproducerii cu cît vor fi mai dezvoltate. Dar dezvoltarea lor sporește în același timp pericolele și, deci, sporește mortalitatea. Aceasta, evident, impune limitele maxime ale expresiei caracterelor sexuale secundare. La aceste limite în mod obișnuit nu se ajunge, pentru că la diferite specii se dezvoltă diverse căi de rezolvare a contradicției. «În esență, aceste căi duc la menținerea avantajelor pentru specie, rezultate din caractere sexuale secundare cît mai dezvoltate, reducînd în același timp la minimum posibil riscurile individuale spre a nu ajunge la periclitarea „intereselor" speciei» (N. Botnariuc, 1967). În acest cadru, atunci cînd caracterele sexuale secundare se dovedesc a fi utile și pentru satisfacerea altor cerințe (ca apărarea, de pildă), aceasta va face ca ele să capete rol și în selecția naturală obișnuită, ceea ce va contribui și mai mult la menținerea și utilizarea lor. Se poate întîmpla și situația inversă, cînd mijloace elaborate prin selecția naturală obișnuită se pot dovedi utile și în cadrul selecției sexuale.

Trebuie menționat că pe lîngă tendința unor biologi de a elimina rolul selecției sexuale, există în prezent și o altă tendință, aceea de a lărgi considerabil acest rol.

Astfel, Th. Dobzhansky și E. Bosiger (1968) arată că selecția sexuală are un important rol în evoluție prin aceea că ea contribuie la izolarea reproductivă a speciilor, la menținerea heterogenității populațiilor datorită faptului că în selecția sexuală sînt avantajați indivizii heterozigoți și, în sfîrșit, ea favorizează speciația prin izolarea sexuală a grupărilor intraspecifice (vezi *Capit. 7 — Speciația*).

Este posibilă existența și a *altor forme ale selecției intraspecifice.* Într-adevăr, selecția sexuală este cea care reglează, sub diferite aspecte, procesul reproducerii. Reproducerea reprezintă realizarea unor programe superioare pentru individ și care, în același timp, reprezintă unul din programele „pentru sine" ale populației. Dar populația, ca sistem, are și alte programe „pentru sine" care, deși sînt legate de reproducere și înmulțire, nu se pot confunda cu acestea. Astfel, populația are *programe proprii* care-i asigură *reglarea numărului* și a *densității* indivizilor (în afara factorilor externi care și ei controlează acești parametri, după cum s-a arătat în capitolul privitor la populație) și, de asemenea, programe legate de *reglarea structurii populației* (fenotipice și genotipice). Este firesc să presupunem că și acestor forme ale programelor populaționale să le corespundă anumite forme ale selecției intraspecifice. Aceasta este o problemă deschisă, încă nerezolvată.

Selecția ectospecifică. Formele acestei selecții sînt determinate, preponderent, de interacțiunea populației cu factorii abiotici și biologici ai ecosistemului dat. Ele determină „mișcarea" populației (speciei), sensul și ritmul transformărilor ei, procesul de adaptare la factorii schimbați și schimbători ai ecosistemului, caracterul acestor schimbări.

Se disting, în prezent, trei forme ale acestei selecții:

Selecția direcțională sau *motoare* este forma cea mai comună și, deci, cea mai importantă a selecției naturale care explică transformarea adaptativă a speciilor. Cazul cel mai simplu îl reprezintă schimbarea treptată a normei de reacție a populației, în privința unor caractere, odată cu schimbarea progresivă, într-o anume direcție, a condițiilor mediului.

Aceasta se poate întîmpla fie prin modificarea condițiilor abiotice sau biologice, fără ca populația dată să-și schimbe locul, sau prin pătrunderea populației într-un loc cu condiții deosebite de cele inițiale. În oricare din aceste cazuri, variațiile situate la *una din extremele* curbei de distribuire a frecvențelor fenotipului, și care, în condițiile anterioare erau nefavorabile, slab adaptate, în noile condiții să se dovedească a fi avantajate.

Deci, aceste variații vor fi păstrate prin selecție, ceea ce va face ca în fiecare generație, optimum fenotipic *(M)* să se deplaseze, față de cel anterior, în sensul extremei respective. Această schimbare treptată a fenotipului și a genotipului (a normei de reacție) va continua pînă la stabilirea unui nou echilibru. Deci, de o parte a curbei se va produce eliminarea preferențială a variațiilor din vechea normă, iar de partea cealaltă încorporarea în normă a unor noi variații, ducînd la modificarea treptată și orientată a ei.

Putem defini selecția motoare ca acea formă a selecției în care adaptarea optimă o au fenotipii situați nu în mijlocul curbei de distribuire a frecvențelor fenotipului, ci la una din extremitățile ei (L. Mettler, Th. Gregg, 1969) (fig. 62).

Selecția direcțională exprimă însăși esența concepției darwiniste despre evoluție și caracterul ei adaptativ.

Pe această cale se explică, de pildă, adaptarea treptată a populațiilor la o climă tot mai rece (de la sud la nord, de la cîmpie la munte), la umezeală sau seceta crescîndă (în spațiu sau timp) etc. Pe această cale se explică, de asemenea, adaptarea bacteriilor la concentrații crescînde de antibiotice, adaptarea numeroaselor insecte la diferite insecticide, apariția melanismului industrial la relațiile pradă-prădător etc. În general, marea majoritate a faptelor care demonstrează rolul creator al selecției se referă tocmai la această formă a ei.

Deoarece selecția naturală acționează doar prin fenotip, ea va favoriza supraviețuirea și înmulțirea preferențială a modificărilor fenotipice cele mai utile, indiferent dacă acestea reprezintă doar niște modificații (deci nu sînt ereditare) în cadrul vechii norme, sau expresii ale unor noi mutații încorporate astfel în normă. Aceasta face ca în multe cazuri expresia fenotipică să mascheze adevărata natură a variației, pe care nu o putem afla decît verificînd experimental transmiterea caracterelor date. De pildă, planta *Anemone pulsatilla* în vestul Europei, în condiții de umezeală mai mare, nebulozitate mai mare, lumină mai puțină, este reprezentată printr-o rasă cu frunze fidat-lobate, flori aplecate. În estul continentului, cu climă mai uscată, lumină mai multă, frunzele au lobii mai mari iar florile sînt erecte. Aceste deosebiri sînt eredi-

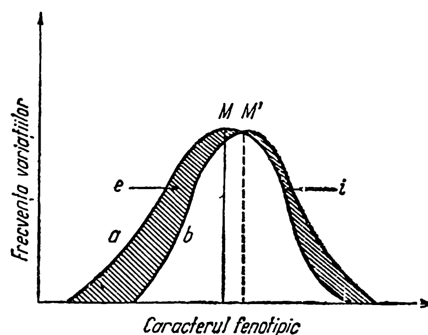


Fig. 62. Schema acțiunii selecției motoare (direcționale):

a — curba variației unui caracter la populația inițială; *b* — curba aceluiași caracter la descendenți, ducînd la deplasarea mediei normei, de la *M* la *M* (formarea unei noi norme); *e* — variațiile eliminate; *i* — variațiile incorporate în noua normă.

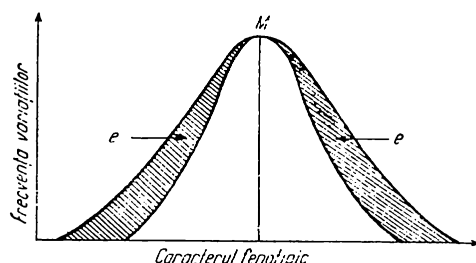


Fig. 63. Schema acțiunii selecției stabilizatoare: variațiile (e), care se abat de la media (M) normei, sînt eliminate.

tare, deci înscrise în structura genotipului. Dar, în unele locuri, deosebirile în structura genotipului pot fi mascate prin apariția de modificații echivalente. De pildă, în răsăritul continentului, în unele localități cu clima locală mai umedă, cu nebulozitate mai mare (lumină mai slabă), apar modificații la indivizii din rasa estică, identice cu fenotipul rasei apusene, deși genotipul este cel al rasei estice.

Selecția stabilizatoare. Se realizează la populații adaptate la un mediu relativ constant. Bineînțeles că în orice mediu există variații ale factorilor (sezonieri, diurni, locali etc.). Important este, în cazul de față, ca acești factori să nu se modifice progresiv și orientat. Asemenea condiții se realizează adesea în mediul abisal, cavernicol, în zone de stepă, alpine etc. În aceste împrejurări avantajul selectiv maxim îl va avea organizarea normală, medie, elaborată îndelung în condițiile date, iar abaterile, în oricare sens de la normă, vor fi eliminate preferențial (fig. 63), selecția păstrînd starea de adaptare optimă realizată.

Și aici trebuie menționat faptul că eliminarea se face pe baza expresiei fenotipice. În cazul cînd sînt eliminate doar variații reprezentate prin *modificații nepotrivite*, aceasta va avea drept efect, în decursul generațiilor, stabilizarea mecanismelor de reglaj metabolic a fenotipului în limitele cele mai utile ale expresiei lui, deci va duce la stabilizarea reglajelor ce determină dezvoltarea ontogenetică. În cazul cînd sînt eliminate *mutațiile nepotrivite*, atunci se produce stabilizarea normei de reacție a genotipului dat, avînd drept efect imobilizarea speciilor, o adaptare strictă, uneori chiar prea strictă față de condițiile mediului, cu limitarea perspectivelor evolutive (specii abisale, cavernicole etc.).

Vom ilustra modul de acțiune al selecției stabilizatoare prin cîteva exemple.

La fluturele *Panaxia dominula*, de culoare închisă, prin selecție artificială s-a obținut o linie de culoare deschisă. Un grup de fluturi din această linie a fost pus în libertate într-o regiune din Anglia unde specia respectivă lipsea. S-a format o populație care, după cinci ani, a revenit la înfățișarea normală a speciei. Explicația constă în aceea că selecția naturală a favorizat acele mutații și combinații genetice care au determinat reîntoarcerea coloritului (ca factor fenotipic), la vechea normă a speciei, ca fiind mai bine adaptată la condițiile abiotice și biologice ale mediului.

Măsurătorile efectuate pe un mare număr de copii nou-născuți au arătat că, în prima lună a vieții, mortalitatea maximă se înregistra pe de o parte la copiii cei mai grei, iar pe de altă parte la cei mai ușori. Supraviețuirea maximă era la copii care, la naștere, aveau greutatea medie (3,6 kg).

Ornitologul D. L a c k a studiat valoarea adaptativă a mărimii pontei la unele păsări. Ponta prea mică este nefavorabilă, pentru că nu permite menținerea numărului necesar de păsări. Ponta prea mare nu este favorabilă, pentru că părinții nu reușesc să hrănească bine toți puii, ceea ce duce la creșterea mortalității acestor pui chiar după părăsirea cuibului. La graurii din Elveția, de pildă, numărul optim de ouă într-o pontă este de 5. Presiunea selecției acționează în sensul eliminării permanente din populație a variantelor care se abat într-un sens sau altul de la această valoare.

Esențial este faptul că trăsăturile genetice (patrimoniul genetic) și fenotipic ale populației, deci toate caracterele ei, sînt strîns corelate și echilibrate, asigurînd adaptarea populației, starea ei optimă în condițiile date, concrete ale mediului. În această stare, adesea cea mai favorabilă expresie a unui caracter dat, chiar atît de important ca numărul de ouă, sau în general de descendenți, nu este cea maximă și nici cea minimă, ci o anumită valoare medie care corespunde cel mai bine condițiilor de adaptare.

Un ultim exemplu se referă la constatarea că structura florilor (forma, dimensiunile părților componente) entomofile este mai stabilă decît a celor anemofile. Această stabilitate este determinată de corelația mai strictă între structura florilor și aparatele bucale ale insectelor polenizatoare: abaterile într-un sens sau altul ale structurilor florale scad șansele de polenizare și fecundare și, deci, sînt eliminate.

Prin urmare, selecția stabilizatoare este acea formă a selecției care favorizează supraviețuirea *preferențială* a indivizilor, cu expresia caracterelor cea mai apropiată sau egală cu media normei de reacție.

În legătură cu selecția stabilizatoare mai trebuie menționat că unii biologi încearcă prin această formă a selecției să explice faptele care arată că anumite caractere reprezentate doar prin modificații devin la un moment dat ereditate, devin deci o nouă normă, dezvoltîndu-se de data aceasta independent de factorii care provocau apariția lor ca modificații. Aceste fenomene erau și mai sînt interpretate de alți biologi (neolamarckiști) ca dovezi ale eredității caracterelor dobîndite.

De pildă, în condiții de climă alpină sau în tundră, multe plante devin mici, pitice. Sub influența temperaturii scăzute, la unele rozătoare, membrele, urechile, coada devin mai scurte, iar blana mai deasă. La populațiile care în mod normal trăiesc în aceste condiții, caracterele menționate sînt ereditare. Deci există un paralelism al expresiei fenotipice, numai că în unele cazuri caracterele reprezintă modificații, în altele ele sînt ereditare. Se presupune că selecția stabilizatoare acumulează în norma nouă mutațiile care, independent de modificațiile existente, vor da aceeași expresie fenotipică, substituind în felul acesta treptat, prin modificarea normei, trăsăturile neereditare prin cele ereditare corespunzătoare. Deci se produce o fixare ereditară, o stabilizare a modificațiilor. Explicația aceasta este discutabilă și nu este acceptată decît de puțini biologi, deoarece mecanismul concret care ar face posibil un asemenea proces nu se cunoaște (vezi *Capit. 3.5*).

Selecția disruptivă (diferențiatoare). Dacă, pe întinsul unui areal ocupat de o populație, condițiile mediului, relativ omogene, la un moment

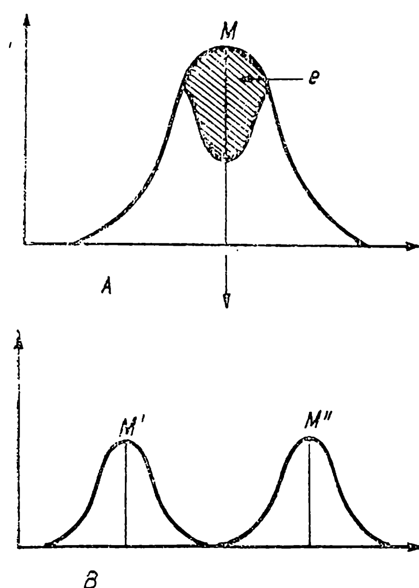


Fig. 64. Schema acțiunii selecției disruptive: *A* – eliminarea variațiilor (e) care corespund mediei normei (*M*); *B* – formarea, în descendență, a două noi norme, *M'* și *M"*, deci diferențierea a două noi forme.

dat se schimbă într-o parte sau alta a teritoriului, atunci și selecția își va schimba acțiunea astfel încît în diferite puncte intensitatea și direcția de acțiune a selecției vor diferi. Cu alte cuvinte, selecția va favoriza fenotipi (și, deci, genotipii corespunzători) diferiți, deși de cele mai multe ori, în asemenea condiții, fluxul genetic între părțile corespunzătoare ale populației nu este întrerupt. Ca urmare, eliminarea mai intensă va afecta tocmai media normei vechi, care se dovedește cel mai puțin corespunzătoare noilor condiții și se vor diferenția două sau mai multe medii noi (fig. 64).

Selecția disruptivă este, deci, forma selecției care favorizează nu un singur optimum al populației, ci mai multe stări optime, tinzînd la eliminarea formelor de tranziție dintre genotipii extremi. Rezultatul acestei acțiuni este fie apariția polimorfismului (vezi *Capit. 6.3.*), în care fiecare morfă reprezintă un optimum, morfele continuînd să conviețuiască în cadrul aceluiași grup (simpatric), fie apariția fenomenului divergenței ecologice în privința direcțiilor de evoluție a diferitelor părți ale populației (subpopulații), cu tendința de izolare ecologică și genetică între ele. În aceste cazuri deci, rezultatul selecției disruptive este apariția polimorfismului genetic și al polimorfismului ecologic.

Vom ilustra cele spuse cu unele exemple. Un prim caz se referă la o populație de floarea-soarelui. Specii de *Helianthus* au toate $2n=34$*cr.*, sînt strict alogame iar hibrizii interspecifici, cînd apar, sînt sterili într-un înalt grad dar nu în totalitate. În California, în valea Sacramento (cam în anul 1942) a apărut o populație hibridă între speciile *H. annuus* și *H. bolanderi*, care ocupa o fîșie de teren lungă de circa 100 m și lată de 6—7 m, extinzîndu-se treptat. În 1951 ea a fost scindată în două porțiuni, una vestică, alta estică, prin pătrunderea ierburilor de pășune. Una din subpopulațiile rezultate era pe un loc relativ uscat, iar cealaltă ocupa o adîncitură de teren care păstra mai multă umezeală. Deși albinele polenizatoare străbăteau ușor distanța mică ce separa subpopulațiile și, deci, fluxul genetic era neîntrerupt, s-a constatat că cele două grupuri s-au modificat independent unul de celălalt: unul a deviat spre asemănarea mai mare cu *H. bolanderi*, altul spre *H annuus*. Deci, cu tot schimbul de gene între cele două grupuri, schimb care determina uniformizarea populației, presiunea divergentă a selecției în cele două grupuri plasate în habitate întrucîtva diferite a determinat diferențierea genetică a lor, pornind de la un grup comun.

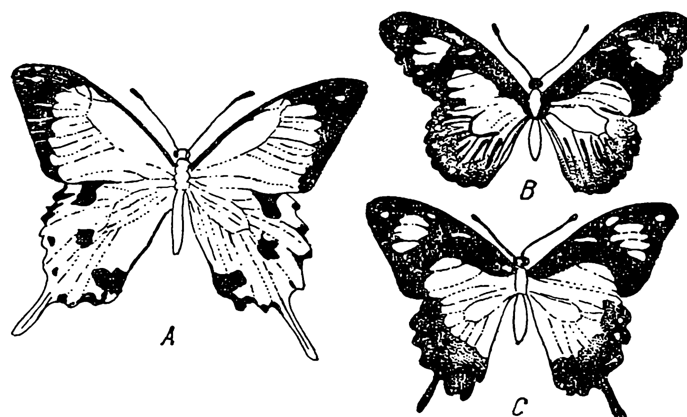


Fig. 65. Polimorfism femel la *Papilio dardanus: A* — mascul; *B* — femelă, *hipocoon* (Uganda); *C* — femelă *niavioides* (Etiopia).

În Africa există specii de fluturi mimetici la care femelele sînt de mai multe tipuri imitînd diferite specii necomestibile. De pildă, femelele de *Papilio dardanus* sînt de mai multe feluri într-o aceeași localitate: fiecare tip de femelă imită cîte o specie de fluturi necomestibili din familia *Danaidae*. Deci, și aici, selecția a diferențiat, dintr-un grup comun de origine, mai multe forme, deși între ele nu a existat și nu există izolare genetică (fig. 65).

Avantajul acestei forme de mimetism constă în aceea că permite realizarea unui anumit raport numeric între model și imitator (a se vedea capitolul privitor la selecție: 5.3.5). Se știe că mimetismul este cu atît mai eficient, cu cît numărul de animale imitatoare este mai mic în raport cu numărul animalelor model. Dacă toate femelele de *Papilio dardanus* ar imita o singură specie necomestibilă, ar risca să o depășească numeric, ceea ce ar duce la pierderea valorii acestei adaptări. Aici apare și interdependența funcțională a morfelor, deoarece eficiența fiecăreia depinde de prezența celorlalte. Această interdependență face necesară coexistența lor în aceeași populație.

Deoarece condițiile de viață abiotice și biologice de pe teritoriul ocupat de o populație niciodată nu sînt perfect omogene, deoarece nici componența genetică a populației nu este perfect omogenă, selecția disruptivă apare ca un fenomen destul de răspîndit.

Desigur, diferențierea grupurilor pornind dintr-o populație, de fiecare dată va merge pînă la realizarea formei celei mai potrivite (mai adaptate) la condițiile de viață concrete ale grupului dat.

*

Cele trei forme ale selecției ectospecifice (este posibil să existe și alte forme) nu trebuie privite izolat, nu trebuie rupte între ele. În dependență de condițiile mediului complex în care se desfășoară existența și evoluția populațiilor, și de schimbările acestuia, aceste forme de selecție pot trece una în alta.

5.2.4. INFLUENȚA UNOR TRĂSĂTURI ALE POPULAȚIEI ASUPRA SELECȚIEI NATURALE

După cum s-a menționat și mai înainte, selecția naturală, ca lege a sistemelor de nivel populațional (al speciei), în desfășurarea ei este influențată de două categorii de factori: pe de o parte *factori interni*, proprii și specifici populației (speciei) date; pe de altă parte *factori externi*, cuprinzînd alte specii din biocenoza dată, ca și factorii abiotici ai ecosistemului. Cea de a doua categorie de factori a fost examinată la capitolul referitor la relațiile populațiilor cu mediul *(Capit. 4.1.)*. Aici vom examina doar influența factorilor interni ai populației asupra selecției.

Acest examen pornește de la ideea că orice adaptare a populației este rezultatul acțiunii selecției în succesiunea de generații. Dar adaptarea, o dată elaborată, limitează sau, din contră, lărgește posibilitățile evoluției ulterioare și, deci, influențează modul de acțiune al selecției.

Vom examina influența asupra desfășurării selecției exercitată de natura speciei (populației), de mărimea populației, de modul de reproducere.

Natura speciei. La formele primitive (bacterii, plante și animale monocelulare) longevitatea foarte redusă, talia mică, suprafața mare a corpului față de volumul său (ceea ce duce la o intensă interacțiune cu factorii fizici și chimici ai mediului), organizarea internă relativ simplă, reduc posibilitățile de apărare și de adaptare a acestor organisme. Totodată, aceasta face ca și mortalitatea în aceste grupe să fie foarte mare, iar coeficientul de supraviețuire (proporția indivizilor ajunși la reproducere din totalul celor născuți) foarte mic, de ordinul 0,000001%.

La asemenea forme primitive selecția duce la elaborarea mai ales a mijloacelor pasive de adaptare, care permit organismelor să evite vicisitudinile factorilor mediului. Singurele mijloace active de conservare și apărare constau în perfecționarea proceselor metabolice individuale și de înmulțire, ambele categorii de procese fiind intim legate între ele. Într-adevăr, selecția a dus aici la perfecționarea considerabilă a proceselor metabolice celulare, la o mare finețe și promptitudine în autoreglarea metabolică, ceea ce permite acestor ființe să-și restructureze rapid desfășurarea metabolismului, să utilizeze cu maximă eficiență resursele mediului, să economisească la maximum propriile lor resurse materiale și energetice. De aici apare posibilă o prolificitate foarte ridicată, asigurînd compensarea pierderilor uriașe ale populațiilor. Aceste trăsături determină desfășurarea selecției în sensul sporirii eficienței metabolismului și al creșterii prolificității.

Rolul unui individ în viața unei asemenea populații este neglijabil. Hazardul capătă un rol preponderent: practic, numai el decide care anume individ va ajunge la reproducere, deci la îndeplinirea rolului său în viața populației. Selecția deci, în aceste cazuri, are un pronunțat caracter statistic.

La speciile evoluate, datorită progresului morfofiziologic al planului de organizare individual (homeostazia fiziologică, organele de simț, activitatea nervoasă superioară) și, legat de aceasta, datorită perfecționării organizării populațiilor, a relațiilor intraspecifice, adaptarea se manifestă prin neutralizarea activă a factorilor mediului, deci prin adaptare activă.

La aceste grupe de organisme coeficientul de supraviețuire este mult mai mare (ajunge la 10—30%), iar prolificitatea mult mai scăzută. Scăde-

rea ei este compensată prin dezvoltarea unor mijloace mai eficiente de apărare, de procurare a hranei, de îngrijire a urmașilor, de „educare“ a lor etc. De asemenea, se dezvoltă, datorită evoluției relațiilor intraspecifice, mecanisme de homeostazie ecologică ce permit menținerea unor parametri importanți ai populațiilor — ca numărul, structura fenotipică și genotipică etc. Dezvoltarea acestor mecanisme nu este posibilă fără evoluția corespunzătoare a indivizilor.

Comparînd populațiile grupelor evoluate cu cele primitive, putem spune că primele reprezintă niște sisteme mai eficiente, mai economice, mai puțin redundante. Tocmai datorită acestor trăsături, rezultat al evoluției, deci al selecției, evoluează însăși conținutul selecției care-și pierde, într-o însemnată măsură, caracterul pur statistic și devine un factor dinamic, unde rolul hazardului scade și crește rolul calităților fiecărui individ în parte.

Ilustrarea elocventă a rolului premiselor structural-funcționale (deci a naturii speciei), în determinarea desfășurării selecției, ne-o oferă exemplul insectelor analizat de J. Huxley (1956). Calea evoluției acestui grup este limitată prin faptul că insectele au un schelet extern rigid, inert, care nu le permite sporirea taliei, dar și prin sistemul respirator traheean, foarte eficient, dar incompatibil cu o talie mare; talia mică, pe de altă parte, nu permite dezvoltarea diferitelor organe, mai ales a creierului și, deci, a activității psihice, nu permite dezvoltarea unor sisteme homeostatice, ca termoreglarea. Toate aceste premise morfo-fiziologice limitează căile evoluției insectelor. Selecția poate și duce efectiv la o nesfîrșită diversificare a acestui grup, la cele mai diferite specializări, dar fără perspective de depășire a planului lor propriu de organizare.

Și aici, după cum s-a mai subliniat mai înainte, trebuie pus în evidență faptul că structura actuală a insectelor reprezintă *rezultatul* evoluției acestui grup, rezultatul selecției. Dar, odată elaborată, această structură influențează mersul selecției, limitează programele posibile și realizabile, căile ulterioare ale evoluției, conținutul însăși al procesului selecției.

Situația de la insecte este, practic, inversă la vertebrate la care scheletul se află în interiorul corpului, nu este inert ci alcătuit din țesut viu, deci susceptibil de modificări în privința structurii, a mărimii, ceea ce permite creșterea considerabilă a taliei în acest grup. Dezvoltarea sistemului nervos, a organelor de simț, a musculaturii, conferă o mare suplețe comportamentală. Talia mare și dezvoltarea organizării interne (legată de prima) permit dezvoltarea homeostaziei fiziologice multiple, ceea ce duce la constanța mediului intern, independența lui față de variațiile permanente ale factorilor fizici și chimici ai mediului. Această constanță este o condiție necesară dezvoltării activității psihice pe treptele ei superioare. Dintre toate animalele, organizația vertebratelor apare ca fiind cea mai flexibilă, mai maleabilă, deschizînd orizonturi largi evoluției acestui grup. Dar și în acest grup, specializările (ca, de pildă, în cazul calului, animal strict „specializat“ la viața în spații deschise) limitează căile de acțiune a selecției orientînd-o pe anumite direcții create de premisele morfo-fiziologice individuale.

În legătură cu exemplul insectelor analizat mai trebuie relevat un aspect esențial. Este perfect adevărat că premisele morfo-fiziologice create

limitează, plafonează evoluția insectelor permițînd doar diversificarea în cadrul planului lor actual de structură. Dar această „plafonare" se referă doar la *planul de organizare individual*, care nu se mai poate schimba și care, deci, limitează capacitățile morfo-fiziologice. Dar acest plan și limitele impuse de el pot fi depășite prin *evoluția organizării grupărilor*, deci, în esență, prin evoluția organizării structurii populațiilor și a relațiilor intraspecifice. La insecte planul de structură a *indivizilor* nu permite stabilirea homeostaziei termice. Doar la albine, de pildă, prin organizarea activității colective în stup, atît vara cît și iarna, temperatura se menține între anumite limite (vara prin ventilație activă, iarna prin contracții musculare a albinelor aglomerate). În felul acesta, organizarea „socială" permite depășirea limitelor impuse de structura indivizilor. Aceasta este o legitate care este valabilă nu numai pentru albine sau alte insecte „sociale" ci și pentru numeroase alte grupe de viețuitoare. De altfel, chiar în cazul omului evoluția lui spectaculoasă de la treapta arheantropilor pînă în prezent nu se datorează unor schimbări radicale ale planului morfofiziologic, ci reprezintă evoluția formelor de relații dintre oameni, deci a modului de organizare a *populațiilor* umane.

Mărimea (numărul) populației. Numărul indivizilor dintr-o populație reprezintă o trăsătură de mare importanță în viața populației (vezi *Capit 4.3.)*. Deși asupra acestui aspect nu există divergențe de păreri, relațiile concrete dintre mărimea populației și selecție reprezintă o problemă încă nerezolvată. Există, în esență, două puncte de vedere în soluționarea ei.

Unul dintre ele, pornind de la concepția și metodele genetico-statistice, duce la concluzia că mărimea (numărul) populației reprezintă un factor determinant al selecției, ca ritm și chiar sens. Celălalt punct de vedere, bazat mai ales pe cercetări ale ecologiei populațiilor constă în ideea că numărul indivizilor dintr-o populație reprezintă una din cele mai însemnate adaptări ale ei și, ca atare, este *efectul* acțiunii istorice a selecției.

Primul punct de vedere se bazează pe ideea, demonstrabilă și pe cale matematică, după care în populații mari, din cauza pierderilor mari, șansele de generalizare a unei mutații întîmplătoare, izolate, sînt extrem de reduse. În asemenea populații numai un proces de permanentă mutabilitate, de apariție repetată a aceleiași mutații, compensînd pierderile, poate duce la stabilirea și generalizarea ei în populație. Acest proces va fi controlat și, deci, va avea un caracter adaptativ, în sensul că selecția va elimina mereu mutațiile și recombinările nepotrivite. Deci selecția, în asemenea împrejurări, va avea forma direcțională (motoare) pînă la stabilirea unui anumit nivel al adaptării populației. Din acest moment, ritmul transformării populației va scădea (odată adaptarea fiind elaborată) iar selecția va trece în forma ei stabilizatoare, eliminînd devierile de la noua normă.

Deci numărul mare al indivizilor componenți ai unei populații *determină* anumite trăsături ale selecției și, deci, ale procesului evolutiv: ritmul lent sau moderat al transformării populației și caracterul adaptativ al transformărilor.

În populațiile mici stabilirea și generalizarea mutațiilor vor fi determinate în cea mai mare parte întîmplător, în afara controlului selecției

(vezi *Capit. 6.3.6.*). Ca atare, în cele mai multe cazuri evoluția unor asemenea populații nu va avea caracter adaptativ; ea se va desfășura după mecanisme genetico-automate (drift genetic, efectul Wright) și de cele mai multe ori va duce la extincția populațiilor date. Aceasta va fi determinată mai ales de faptul că mutațiile, fiind în esență dăunătoare, se pot generaliza rapid în asemenea populații (necontrolate de selecție). Pornind de la această ipoteză, unii biologi (de pildă, G. G. Simpson) consideră că tocmai în asemenea populații, datorită posibilității de generalizare rapidă a mutațiilor, transformările pot fi cele mai rapide și cele mai profunde. Pe această cale s-ar naște grupuri sistematice mari (genuri, familii sau chiar grupe superioare).

Alți biologi (de pildă I. I. Șmalgausen) nu sînt de acord cu acest punct de vedere. Ei arată că în populațiile mici într-adevăr se pot produce treceri rapide în stare homozigotă ale diferitelor mutații. Pe această cale însă se pot diferenția repede numai diferite forme locale, de obicei specializate, fără perspective evolutive. Exemplul achantinellidelor din Hawai (sute de specii și rase localizate fiecare în cîte o vale), a diferitelor forme (specii, rase) endemice insulare, cavernicole, lacustre etc., demonstrează acest lucru. Nu se cunoaște pînă în prezent nici un caz ca o populație mică să fi dat o nouă ramură evolutivă. Din contră, de cele mai multe ori, populațiile mici izolate reprezintă forme primitive, rămase în urma evoluției populațiilor mari de pe teritorii întinse, din ecosisteme complexe.

Unii autori (de pildă, E. Mary) merg chiar mai departe și critică în ansamblu teoria driftului genetic, considerînd că acesta nu reprezintă un mecanism al evoluției și că faptele citate în sprijinul acestei teorii trebuie interpretate prin prisma acțiunii selecției.

Cel de-al doilea punct de vedere, bazat mai ales pe studii ecologice, a condus la concluzia că numărul unei populații reprezintă una din cele mai însemnate adaptări ale populației și, deci, este *rezultatul* acțiunii selecției. Cea mai convingătoare dovadă în sprijinul acestei concluzii o constituie elaborarea, în procesul evoluției, la cele mai diferite grupe de viețuitoare, a diferitelor mecanisme de reglare a numărului de indivizi (a densității) în scopul menținerii lui la nivelul optim pentru populație, în condițiile concrete ale ecosistemului în care ea trăiește (vezi *Capit. 6.3.6.*).

Privind în ansamblu cele două puncte de vedere, ajungem la concluzia că ambele suferă de unilateralitate. Ele, de fapt, nu se exclud ci se completează. Și aici trebuie pornit de la ideea esențială că o adaptare, elaborată prin acțiunea istorică a selecției, influențează mersul ulterior al evoluției. În acest sens, numărul este în același timp și efectul, dar și una din premisele selecției, care poate avea un preponderent caracter statistic sau dinamic, în funcție de natura populației și de alți factori.

Pentru procesul evoluției populațiilor, o importanță considerabilă o au *fluctuațiile numărului indivizilor* în populație (vezi *Capit. 4.1.*). Cercetările ecologice au arătat că, practic, orice populație este supusă unor fluctuații mai mult sau mai puțin accentuate, periodice sau neperiodice, ale numărului indivizilor săi. Cauzele acestor fluctuații sînt multiple, atît biologice cît și abiotice și nu întotdeauna complet elucidate. Esențial este faptul că adesea eliminarea indivizilor dintr-o populație se poate produce neselectiv, datorită acțiunii perturbatoare a diferiților factori (vezi

Capit. 4.1.). Puținii indivizi supraviețuitori *întîmplători* vor reface ulterior populația în care, deci, se vor generaliza trăsăturile acestor genotipi. Structura genetică a populației refăcute se va deosebi evident de a celei inițiale. Cu alte cuvinte, raportul dintre frecvențele diferitelor gene va fi schimbat: unele gene care aveau frecvența mică pot deveni foarte frecvente, și invers. Deci, în mod întîmplător, unele gene pot chiar să dispară (prin scăderea bruscă a numărului indivizilor), altele din contră se pot generaliza rapid datorită înmulțirii indivizilor, modificînd structura genetică a populației și creînd noi potențe evolutive (vezi *Capit. 6.3.5.*).

Modul de înmulțire. Importanța acestui factor constă în aceea că el determină, într-o însemnată măsură, modalitățile de schimb de informație genetică între indivizii unei populații, între populații, influențînd, deci, structura genotipului indivizilor, structura genetică a populațiilor, capacitatea de variabilitate fenotipică, plasticitatea genetică și, deci, capacitățile evolutive ale populațiilor.

În esență, aici ne interesează două feluri de înmulțire: sexuată, care se efectuează prin fecundare asexuată (agamă), care cuprinde diferite forme de înmulțire în care nu mai are loc procesul de fecundare. Prima formă face posibil schimbul de informație genetică *între indivizi*, a doua formă nu permite acest lucru, fiecare individ apărînd ca *izolat reproductiv* de toți ceilalți membri ai populației.

Înmulțirea sexuată, prin fecundație încrucișată între gameți proveniți de la indivizi diferiți, are o importanță uriașă pentru existența și evoluția speciilor. Pe această cale au loc recombinări genetice, cea mai importantă sursă de variabilitate ereditară; se asigură constituția heterozigotă a genotipului, ceea ce conferă organismelor o mai mare plasticitate, mai mare vigoare — trăsături de mare importanță evolutivă.

Utilitatea biologică a procesului sexual explică și generalitatea lui (majoritatea speciilor de plante și animale se înmulțesc pe această cale). Evident că acest proces influențează mersul selecției în sensul creării recombinărilor celor mai favorabile în condițiile date și al menținerii populației la un înalt nivel de heterozigoție. Procesul sexual prin aceste funcții ale sale devine și un însemnat factor integrator al populației, ca și al speciei.

Pornind de la teoria genetico-statistică a evoluției și de la faptul că marea majoritate a mutațiilor este dăunătoare, s-a ajuns la concluzia că recombinările genetice reprezintă unica sursă de variabilitate evolutivă, absolutizînd în felul acesta rolul ei în evoluție. Această poziție a multor biologi se concretizează, de pildă, în ideea că procesul speciației nu se poate desfășura decît după întreruperea fluxului genetic între populații, flux ce se produce prin procesul sexual între indivizi aparținînd unor populații diferite. Această idee se reflectă și în majoritatea definițiilor date „speciei biologice“, definiții bazate exclusiv pe ideea izolării reproductive (vezi *Capit. 6.2.*).

Dificultatea cea mai mare care se ridică în fața acestei concepții „sexualiste“ a variabilității, a speciei și evoluției o reprezintă existența a numeroase specii agame, deci specii la care nu există procesul sexual, iar odată cu el dispare posibilitatea schimbului de gene între indivizi, și deci cea mai importantă sursă a variabilității. De asemenea, acest fapt schimbă

problema izolării reproductive și, odată cu acesta, ridică dificultăți în aplicarea definițiilor „sexualiste“ ale speciei.

Dificultățile menționate au făcut ca unii autori să considere că formele agame nu pot fi încadrate în noțiunea de specie.

Toate acestea fac ca problema populațiilor și a speciilor agame să prezinte un considerabil interes științific.

Speciile agame reprezintă, totuși, o realitate care nu poate fi ocolită. Concepția sistemică, aplicată cu consecvență, poate contribui la înlăturarea cel puțin a unora din dificultățile menționate.

Există două categorii de specii agame: specii cu agamie primară, cuprinzînd forme inferioare de plante și animale, la care procesul sexual *încă nu a apărut* și specii cu agamie secundară, cuprinzînd forme de plante și animale mai mult sau mai puțin evoluate, la care procesul sexual *a existat, dar a dispărut.*

Cea de a doua categorie cuprinde destul de numeroase specii, atît printre plante cît și printre animale. După unii autori, printre plantele superioare 200 de genuri făcînd parte din 68 familii cuprind specii sau forme apomictice (agame). Aici intră multe plante cultivate (ornamentale, alimentare) care se înmulțesc pe cale *vegetativă* și provin din cîte o clonă de origine (de exemplu, cartoful).

În condiții naturale această formă de înmulțire se cunoaște, de pildă, la *Petasites hybridus* pe o bună parte a arealului său, la *Prunella vulgaris* care în multe locuri are origine clonală etc.

Mult mai răspîndite sînt alte forme ale agamiei ca *pseudogamia,* în care, pentru formarea seminței, este necesară doar polenizarea, fără fecundare (de pildă, la *Potentilla,* unele specii de *Ranunculus, Rubus, Taraxacum, Poa, Crepis* și altele).

La animale reproducerea pe cale *partenogenetică* este destul de larg răspîndită și se cunoaște la celenterate, echinoderme, viermi, anelide, moluște, rotiferi, crustacei, insecte, arahnide, miriapode și chiar la mai multe grupe de vertebrate. La unele unități (ordine, genuri, specii) partenogeneza este obligatorie, fiind unica formă de înmulțire, la altele ea alternează cu înmulțirea sexuată.

Problema care se pune este aceea a cauzei dispariției parțiale sau totale a procesului sexual, și aceasta în mod independent, la grupe variate de organisme.

Mai înainte au fost arătate avantajele mari ale înmulțirii sexuate. Aceasta arată, după cum a scos în evidență încă Darwin, că apariția procesului sexual a reprezentat una din marile adaptări de perspectivă a speciilor și, ca atare, este rezultatul acțiunii selecției.

Dar procesul sexual implică și o serie de dezavantaje: dificultatea frecventă, la plante și animale, a întîlnirii celor două sexe; risipa uriașă de material și energie necesare producerii unor cantități imense de elemente reproducătoare, dintre care doar un număr infim ajung să-și îndeplinească rolul în reproducere; diferite anomalii în procesul complex al gametogenezei, care se soldează cu multe piedici. La acestea trebuie adăugat că deși înmulțirea sexuată tipică (cu încrucișare obligatorie) are drept rezultat apariția unei mari diversități de heterozigoți, din care mulți cu un heterozis foarte pronunțat, acesta însă se pierde în generațiile urmă-

toare. Apoi, din cauza segregării formelor heterozigote, apar forme relativ slab adaptate, ceea ce se soldează cu multe pierderi pentru populație.

Dacă cel puțin unele avantaje esențiale pentru populație, obținute prin procesul sexual, ar putea fi păstrate sau dobîndite pe alte căi care în același timp să permită eliminarea neajunsurilor mai importante ale acestui proces, evident că selecția va merge în sensul dezvoltării unor asemenea căi.

Înmulțirea asexuată, în multe împrejurări, corespunde acestor condiții.

Formele agame prezintă o serie de avantaje importante: se evită riscurile meiozei în cele mai multe cazuri, pierderi legate de producerea excesivă a gameților, eliminarea riscurilor polenizării și, în general, al întîlnirii sexelor și a gameților. Poate cel mai însemnat avantaj îl reprezintă faptul că formele agame, păstrînd în descendență în mod fidel calitățile organismelor parentale, în cazul cînd acestea provin din forme sexuate cu un pronunțat heterozis, vor păstra neștirbită această însușire importantă, în succesiunea generațiilor.

Dezavantajul principal al formelor agame constă în pierderea capacității de recombinare genetică, fapt care reduce într-o oarecare măsură plasticitatea genotipului și, odată cu aceasta, posibilitățile de adaptare la schimbările mai rapide ale mediului. Formele agame păstrează însă celelalte două surse ale variabilității: variabilitatea mutațională și cea fenotipică.

Faptul că în unele împrejurări formele agame sînt favorizate de selecție se deduce din aceea că, la o serie de plante, formele apomictice le înlocuiesc pe cele sexuate. De asemenea, aceste forme se remarcă printr-un pronunțat polimorfism (de exemplu, *Hieracium, Rubus, Potentilla, Taraxacum* etc.), ceea ce prezintă mari dificultăți pentru studiul lor din punct de vedere sistematic și taxonomic. La unele din aceste genuri, pornind de la fidelitatea transmiterii caracterelor în înmulțirea apomictică, s-au descris sute de forme, cărora li s-au dat denumiri de specii, dar care nu sînt comparabile cu speciile formelor sexuate.

Se consideră că la formele agame în loc de o mare amplitudine a variabilității individuale, ca la cele sexuate, avem de-a face cu un mare număr de forme agame *paralele*, cu caractere constante.

Pornind de la aceste considerente unii biologi conchid că formele strict agame reprezintă niște puncte moarte ale evoluției, selecția neputînd acționa asupra lor din lipsa plasticității genetice. Aceste forme sînt condamnate la dispariție în cazul schimbării condițiilor mediului.

Studiul atent al variabilității individuale la unele forme apomictice, comparate cu specii sexuate îndeaproape înrudite, arată că selecția acționează eficient în ambele cazuri. Astfel, cercetările efectuate pe mai multe populații de *Ranunculus auricomus* (apomictic), comparativ cu populațiile de *R. repens* (sexuat) (I. Băra, 1973), arată o variabilitate a caracterelor fenotipice atît de mare încît depășește limitele de diagnoză a speciei. Aceleași cercetări arată tendința de reducere a numărului petalelor la specia apomictică (organe devenite inutile) și, din contră, tendința de menținere și chiar sporire a numărului lor la specii sexuate ale aceluiași gen.

Asigurarea heterogenității populațiilor și, deci, a posibilităților de menținere în biocenoză și de utilizare mai eficientă a resurselor este asigurată pe căi diferite la cele două categorii de specii. La specia apomictică *R. auricomus*, perioada de înflorire este foarte redusă (10—15 zile) și omogenă în populație. În schimb germinarea nuculelor începe după aproximativ patru luni (perioada de latență) și continuă în populație timp de peste 10 luni, asigurînd în felul acesta un înalt grad de heterogenitate a populației.

La speciile sexuate aceeași problemă se rezolvă altfel. Astfel, la *R. repens*, perioada de înflorire se întinde pe aproximativ două luni și chiar mai mult. Perioada de latență a nuculelor nu depășește o lună, iar germinarea în populație nu depășește nici ea o lună de zile. La *R. sardous* înflorirea durează cam trei luni, iar perioada de germinare doar 5—7 zile.

Este evident că toate aceste trăsături ale speciilor apomictice și sexuate reprezintă importante adaptări și sînt rezultatul acțiunii selecției.

Dacă privim problema formelor agame de pe pozițiile concepției sistemice, și aplicînd cu consecvență principiile gîndirii populaționale, atunci existența formelor agame și perspectivele lor evolutive pot duce la alte concluzii.

Astfel, în ceea ce privește variabilitatea, dacă o privim ca un proces strict individual, apare limpede că fidelitatea transmiterii caracterelor de la părinți la descendenți, la formele agame, le face mai puțin variabile genetic decît cele bisexuate. Dar, dacă privim variabilitatea de pe pozițiile populației, ca însușire a populației întregi, deci ca amplitudine a variabilității în cadrul populației, atunci se constată că într-o populație agamă, alcătuită din numeroase clone sau linii paralele, *amplitudinea variabilității* este adesea foarte mare, mai mare chiar decît la speciile bisexuate apropiate. Această amplitudine a variabilității compensează cu prisosință variabilitatea redusă a indivizilor și oferă un vast cîmp de acțiune selecției.

Selecția, avînd ca obiect de acțiune nu indivizii izolați ci populații integrate, va acționa în sensul elaborării și menținerii celei mai avantajoase *componențe clonale* a populației, componență care să asigure utilizarea optimă a resurselor mediului în condițiile impuse de ecosistemul dat.

Fiecare clonă sau biotip, luate separat, nu pot exista de sine stătător vreme îndelungată; ele nu pot fi deci purtătoare ale evoluției. Însușirile și capacitățile lor structurale și funcționale sînt prea limitate, unilaterale și rigide, pentru a face față solicitărilor complexe ale unui ecosistem în a cărui economie trebuie să ocupe un loc și să îndeplinească anumite funcții.

Aceste condiții nu pot fi îndeplinite decît de către un complex de forme, complex ce nu poate reprezenta doar un amestec întîmplător de clone ci trebuie să aibă o asemenea structură care, funcționînd ca un sistem integrat, să se arate capabilă de a utiliza resursele mediului și de a face față solicitărilor lui complexe. Într-o asemenea colectivitate, lipsurile, mărginirea, rigiditatea anumită a fiecărei clone luată separat, sînt compensate și completate prin însușirile celorlalte clone, astfel încît ele numai luate împreună pot constitui un sistem funcțional durabil. Această structură clonală a populației agame este rezultatul selecției, asigurînd și integralitatea unei asemenea populații.

Problema schimbului de informație genetică trebuie abordată de pe aceleași poziții și, deci, nu trebuie limitată la schimbul dintre indivizi ci privită mai ales ca fenomen populațional. Pentru ca schimbul de informații să se producă *între populații, procesul sexual nu mai este absolut necesar*. Acest schimb poate fi asigurat prin schimbul de indivizi cu reproducere agamă. Dacă un asemenea organism ajunge într-un fel oarecare dintr-o populație în alta și acolo, înmulțindu-se pe cale asexuată, va da o descendență asemănătoare lui, *componența clonală* a populației se va îmbogăți. Dacă noua clonă apărută în populație se va dovedi avantajoasă pentru populație ca întreg, ea se va putea înscrie în structura, în integritatea populației, creînd o combinație clonală mai avantajoasă. Cu alte cuvinte, se produce un proces pe care l-am putea numi *recombinarea genetică populațională*. Generalizarea noului component al populației va reprezenta în acest caz înmulțirea descendenților lui pînă la limitele optime pentru populație ca întreg. Dacă, din contră, noul component se va dovedi dezavantajos pentru populația dată, selecția va duce treptat la limitarea și chiar la eliminarea lui. Pe această cale deci, prin schimbul de indivizi între populații agame, se schimbă patrimoniul ereditar al populației, selecția ducînd la crearea de noi *combinări populaționale*, ale căror structuri și capacități funcționale sînt cele mai avantajoase în condițiile date ale ecosistemului.

5.3. ROLUL CREATOR AL SELECȚIEI NATURALE

De la apariția concepției darwiniste privind selecția naturală, posibilitățile creatoare ale selecției au fost și sînt înțelese în mod diferit.

Începînd cu biologul M i v a r t, care și-a formulat punctul de vedere curînd după apariția lucrării lui D a r w i n *Originea speciilor*, obiecția principală constă în următoarele: selecția naturală sau „supraviețuirea celui mai apt" acționează asupra unor adaptări *preexistente*, care apar independent și înainte de acțiunea selecției. Selecția, deci, nu poate creea nimic nou iar rolul ei se limitează doar la alegere, la o triere mecanică a unor variații apărute dinainte. Acest punct de vedere este de obicei ilustrat prin compararea acțiunii selecției cu aceea a unui ciur. Trecînd prin ciur o grămadă de pietriș vom obține o altă grămadă formată din pietriș mai mărunt, triat din grămada inițială. Deci nu s-a creat nimic nou ci s-au separat niște forme preexistente.

Eroarea de principiu a acestei obiecții și, deci, a analogiei între selecție și un ciur este evidentă și ea constă în confundarea variațiilor individuale cu adaptările, deci a două procese ce aparțin sistemelor de niveluri diferite: prima este o trăsătură a indivizilor, a doua a populațiilor și speciilor. D a r w i n a arătat că selecția nu creează variații ci din variații individuale construiește adaptările.

O altă greșeală a analogiei ciur—selecție constă în faptul că la organisme există posibilitatea de apariție a variațiilor (a mutațiilor) și, prin încrucișare, a recombinărilor genetice, însușiri care lipsesc la obiectele inerte.

Ne-am apropia de situația reală dacă, dezvoltînd analogia de mai sus, am admite că pietrele mici, trecute prin ciur, s-ar putea încrucișa între

ele iar în descendența lor ar apare pietre cu niște însușiri diferite de ale părinților, de pildă de dimensiuni mai mici decît oricare din formele parentale. Utilizînd o sită mai fină decît cea inițială, am obține o nouă grămadă de pietriș, mai mărunt decît formele de la care am pornit, deci cu niște însușiri noi.

Dar și în această formă analogia este prea îngustă, deoarece reflectă numai una din capacitățile creatoare ale selecției, și anume, crearea de noi combinații genetice. Pasul următor, și poate cel mai important în ceea ce privește funcția creatoare a selecției, este generalizarea, *în anumite proporții,* a mutațiilor și a recombinărilor în populație, deci crearea unei anumite structuri genetice a populației, a unei anumite organizări, a cărei permanentă optimizare reprezintă sensul însăși al transformărilor evolutive. Aceste din urmă însușiri, aparținînd populației ca întreg, nu mai pot fi în nici un caz atribuite indivizilor izolați, unor variații individuale preexistente și interpretate ca rezultat al unui simplu mecanism de triaj. Ele reprezintă obiectul și rezultatul specific al funcției creatoare, novatoare, a selecției naturale.

În biologie s-a acumulat un imens material pe bază de observații și experiențe, care demonstrează rolul creator al selecției.

De fapt, oricare adaptare a speciilor de plante sau de animale poate fi interpretată corect în termenii selecției. Neputînd aborda întregul material existent, ne vom opri doar asupra unei categorii de fenomene, și anume, aceea privind *culorile și formele protectoare la animale și la plante.*

În epoca de după apariția concepției darwiniste, cercetările în acest domeniu au luat o mare amploare deoarece studiul culorilor și formelor, mai ales la animale, reprezintă un nesecat izvor de probleme complexe legate de acțiunea creatoare a selecției.

Colorația și forma pe care le au animalele cele mai diferite ca nivel de organizare pot părea, la prima vedere, ceva întîmplător, fără prea mare importanță. Dacă ne gîndim însă că orice caracter al unei specii este rezultatul corelațiilor ei complexe cu mediul abiotic și mai ales biologic, ne putem da seama că nici aceste două caractere nu pot fi indiferente, cu atît mai mult cu cît culoarea și forma animalului sînt primele trăsături care pot fi observate de dușman sau de pradă. În lupta pentru existență, aceste caractere capătă un rol esențial pentru supraviețuirea animalelor.

Ocupîndu-se de această problemă, D a r w i n și alți cercetători, printre care trebuie să cităm pe contemporanii săi A. W a l l a c e și B a t e s, au ajuns la concluzia că și aceste trăsături ale animalelor reprezintă rezultatul acțiunii îndelungate a selecției naturale.

Cu toată diversitatea, am putea spune infinită a aspectelor pe care le pot îmbrăca forma și culoarea animalelor, aceste fenomene pot fi clasificate (din motive didactice și științifice) în cîteva categorii mai însemnate:

1. *Colorația homocromă* (criptică sau de camuflare):
   a) colorația homocromă *permanentă,* care se poate împărți la rîndul ei în uniformă, umbră criptică și colorație de dezagregare;
   b) colorația homocromă *schimbătoare,* care și ea poate fi sezonieră sau ocazională.

2. *Imitația.*
3. *Colorația de avertizare:*
   a) colorația aposematică;
   b) colorația alosematică.
4. *Demonstrația.*
5. *Mimetismul:*
   a) mimetism batesian;
   b) mimetism müllerian;
   c) mimetism parazitar.

5.3.1 COLORAȚIA HOMOCROMĂ (criptică, de camuflare)

Este aceea care face să se confunde animalele cu fondul respectiv pe care trăiesc.

Colorația homocromă permanentă și uniformă. Este dintre cele mai răspîndite. De pildă, animalele din deșerturi (insecte, reptile, păsări, mamifere) au în majoritatea lor culoarea nisipului. Multe din animalele polare (iepuri, vulpi, păsări) au culoarea albă; în pădurile tropicale, unde culoarea verde a vegetației este net dominantă, numeroase animale din cele mai diferite grupe de nevertebrate și vertebrate au culoarea verde. În regiunile noastre, în păduri, pășuni, multe animale (ortoptere, omizi, heteroptere, brotăcei, șopîrle, păsări) sînt colorate în nuanțe de verde.

Mecanismul fiziologic și biochimic al realizării acestor culori este diferit la diverse animale și, în multe cazuri, încă prea puțin cunoscut. De pildă, culoarea albă este interpretată ca datorită lipsei de pigment. Culoarea verde la diferite grupe se realizează în moduri deosebite: de pildă, la omizi, ea se datorește unui derivat al clorofilei consumată odată cu hrana, derivat care nu se descompune la lumină. La sfingidul *Smerinthus ocellatus*, această culoare dobîndită prin consumarea clorofilei de către omidă este atît de persistentă, încît se transmite prin pupă și adult la ou; în felul acesta, omida tînără apare colorată verde chiar înainte de a începe să consume clorofilă proaspătă.

La *Hyla* (amfibian), culoarea verde este legată de dispoziția a trei feluri de celule pigmentare (melanofori, lipofori, guanofori), care conțin pigmenți melanici (negri sau bruni) galbeni sau roșii și albi.

La păsări, culoarea verde se datorește fie unui pigment verde, fie unei combinații de pigment galben, cenușiu sau brun care, prin structurile superficiale incolore ale penelor, are ca rezultat apariția unor irizații de culoare verde.

La mamifere, de pildă la *Bradypus* (leneșul) care trăiește în copaci pe care se mișcă foarte încet, culoarea verde se datorește simbiozei cu unele alge protococale care trăiesc în blana animalului.

În alte cazuri, rasele locale colorate *criptic* au apărut în urma unei selecții intense. De pildă, geometridul *Camptogramma bilineata* are o varietate de culoare închisă, care trăiește pe stîncile negre de pe insula Jersey (Canalul Mînecii) și pe coastele apropiate ale Europei, în timp ce în alte locuri are culori deschise.

În statul New Mexico (S.U.A.), în regiunile cu soluri colorate diferit, rozătoarele (șoarecii) au dat forme de culori diferite care se păstrează permanent.

Într-o lucrare recentă a lui R. M e r t e n s este menționat un exemplu de aceeași natură din țara noastră: *Lacerta agilis chersonensis* are în zonele de cîmpie din Moldova, Muntenia, Oltenia, Dobrogea masculi complet verzi, homocromi cu iarba verde a cîmpiei. În Dobrogea, în zona dunelor de la Sulina, Caraorman, Letea, Sf. Gheorghe, masculii acestei rase păstrează o bandă largă brună pe spate, avînd numai flancurile verzi (colorit asemănător cu al juvenililor acestei rase din întreg arealul ei) și două dungi albe foarte aparente pe spate. Acest desen s-a păstrat doar la masculi, care sînt foarte mobili, în special în perioada de reproducere. El este rezultatul selecției exercitate de numeroase păsări răpitoare de zi din această regiune. Coloritul este criptic și de dezagregare, făcînd ca animalul imobil să devină greu vizibil pe nisipul puternic luminat și cu umbre rare, liniare, ale unor plante uscate.

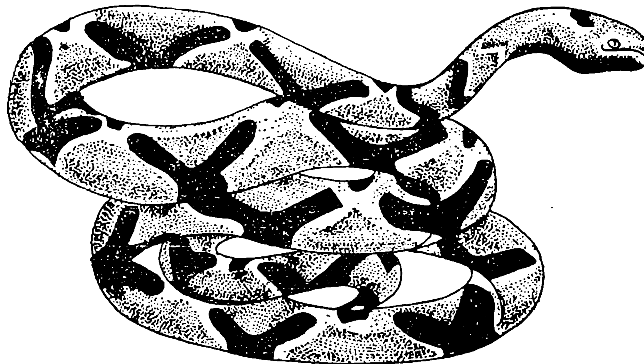
Adesea colorația criptică permanentă se elaborează doar în momentele cele mai critice ale vieții individului, de pildă în faza de ou. La noi, lișița, de exemplu, are ouă a căror culoare imită exact culoarea bucăților de papură și stuf din care-și face cuibul, imitînd chiar petele produse de atacurile ciupercilor. *Sterna nigra* are ouă de culoare brună-pătată, ca aceea a plantelor acvatice în descompunere pe care-și face cuibul.

Umbra criptică apare la unele animale care își păstrează neschimbată poziția lor față de direcția din care cade lumina. De pildă, peștii nectonici au totdeauna spatele expus la lumină, iar regiunea abdominală în umbră. Spatele este totdeauna mai pigmentat, iar lipsa de pigmenți pe abdomen este compensată prin umbrirea lui, astfel încît animalul privit lateral apare lipsit de relief. Același lucru se produce și la multe păsări, mamifere etc. La heteropterul acvatic *Notonecta*, care stă cu abdomenul în sus, acesta apare colorat, iar elitrele rămîn de culoare deschisă.

Colorația de dezagregare este un mijloc foarte ingenios și interesant de camuflare care face ca animalul să se „piardă“ din ochii urmăritorului. Ea constă în faptul că pe corpul animalului apar pete contrastante și intens colorate, care fac să se piardă eventual forma animalului (evident, cînd acesta se află în mediul său natural). Desigur culoarea petelor și a fondului nu este indiferentă. Cel puțin una din ele trebuie să fie potrivită cu tonul general al mediului, iar celelalte să fie cît mai contrastante spre a distrage atenția dușmanului său sau a păzii. Aceasta se realizează adesea prin aceea că petele de culoare închisă sînt tivite cu alb (fig. 66). O asemenea colorație întîlnim la numeroase insecte, pești, ouă din cuiburile deschise, la cerbii tineri, la mistreții tineri și la unele răpitoare: tigru, leopard, șerpi, șopîrle etc.

Adesea, desenul de dezagregare nu este permanent, ci apare numai în anumite momente din timpul activității animalului. De pildă, la unele ortoptere sau la unii amfibieni, acest desen apare numai cînd animalul este în stare de repaus: atunci petele de pe picioare și de pe corp se constituie în linii continue care traversează tot corpul, dezagregîndu-i contururile (fig. 67).

Adesea colorația este de așa natură încît camuflează (la răpitor sau pradă) părțile care sînt cele mai vizibile, de pildă ochii care ar putea atrage atenția nedorită din partea dușmanului. De aceea, în foarte numeroase cazuri (pești, păsări, mamifere), petele de dezagregare acoperă și ochiul.



A

Fig. 66. Schema eficacității coloritului de dezagregare la un șarpe: *A* — șarpele pe un fond uniform; *B* — șarpele pe un fond natural (după H. C o t t, 1940).



B



A



B

Fig. 67. Dezagregare compusă la un brotăcel: *A* — broasca în mișcare, cînd desenul nu apare; *B* — desenul de dezagregare în poziția de repaus a animalului (după H. C o t t, 1940).

Homocromia schimbătoare constă în posibilitatea pe care o au unele animale de a-şi schimba, în diferite condiţii, coloritul de protecţie.

Schimbarea poate fi *sezonieră,* dacă animalul capătă culori diferite după anotimp. De pildă, lemingii, iepurii şi vulpile polare, nevăstuicile, hermina etc. devin albe în timpul iernii. Acelaşi lucru se constată şi la unele păsări.

Modificarea culorii poate fi în unele cazuri *ocazională,* adică ea se schimbă repede, după împrejurările în care se află animalul. Aceste însuşiri apar de obicei la unele animale cu sistem nervos mai evoluat (moluşte, cefalopode, crustacei, unii peşti, amfibii, reptile) şi se obţin prin modificarea poziţiei, a formei şi a coloraţiei cromatoforilor din piele. Mecanismul de modificare a culorii poate fi de natură nervoasă, umorală sau neuroumorală, depinzînd nu numai de procesele fiziologice, dar şi de structura morfologică a cromatoforilor. De pildă, la vertebrate, cromatoforul este alcătuit dintr-o celulă ce are de obicei un anumit tip de pigment, în timp ce la crustacei cromatoforul este format dintr-un sinciţiu sau grup de celule în care pot fi pigmenţi de mai multe tipuri.

La crustacei, acest mecanism este aproape exclusiv umoral. De pildă, la *Crangon,* la *Leander,* sub influenţa directă a mediului extern, în pedunculii ochilor apare o substanţă — *contractina* — care, trecînd în sînge şi apoi la cromatofori, provoacă contracţia lor şi apariţia culorii corespunzătoare.

La sepie şi la alte cefalopode, schimbarea culorii se datoreşte mai ales unui mecanism nervos, care determină contracţia cromatoforilor, ceea ce modifică culoarea în numai cîteva secunde.

La peşti (*Cambula* etc.) mecanismul este, de asemenea, nervos. La cameleoni, schimbarea culorii se face printr-un mecanism neuroumoral.

La toate aceste animale, care duc o viaţă mobilă şi care nu au mijloace active şi eficace de apărare, posibilitatea schimbării rapide a culorii, în funcţie de coloritul mediului, apare ca o însemnată adaptare, elaborată în cursul evoluţiei, prin acţiunea creatoare a selecţiei naturale.

Numeroase observaţii şi cercetări experimentale arată eficienţa homocromiei şi, totodată, modul de acţiune al selecţiei. Astfel, T c h e s n o l a a făcut experienţe interesante cu *Mantis religiosa.* Cu ajutorul unor fire de mătase, el lega de plante verzi şi cafenii atît indivizi verzi, cît şi cafenii. După 11 zile, toţi cei 23 indivizi verzi legaţi de plantele cafenii erau consumaţi de păsări, în timp ce indivizii care se aflau pe plante de aceeaşi culoare au rămas intacţi şi după 17 zile.

B e l e a e v a repetat experienţele şi le-a confirmat, arătînd însă că această coloraţie nu are efect asupra ciorilor, care consumau insecte de pe orice fond de culoare. Aceasta arată caracterul relativ al adaptărilor.

Rezultate asemănătoare au fost obţinute şi în experienţe efectuate de către P a u l t o n şi S u n d e r s cu fluturele *Vanessa urticae.* Pupele acestui fluture se află în mod normal pe urzici. Autorii amintiţi le fixau de diferite obiecte: urzici, trunchiuri de copaci, garduri, ziduri etc. Păsările distrugeau marea lor majoritate şi scăpau, în parte, doar pupele de pe urzici şi de pe ziduri.

V. S. I v l e v a făcut unele dintre puţinele experienţe privind eficienţa homocromiei la animalele acvatice. Crapul, babuşca şi obleţul au fost hrănite cu larve de diptere chironomide, de două culori: larve de

Chironomus, de culoare roșie și larve de *Pelopia*, de culoare verde, plasate pe fond de trei culori — roșu, alb și verde. Datele obținute sînt centralizate în tabelul 8.

Tabelul 8

Eficiența homocromiei la larve de chironomide

Hrana / Pești	Larve consumate (%)					
	Chironomus (roșu)			*Pelopia* (verde)		
	Culoarea fondului:			Culoarea fondului:		
	roșu	alb	verde	roșu	alb	verde
Crap	36	48	59	64	52	41
Babușcă	24	54	72	76	46	28
Obleț	6	59	84	94	41	16

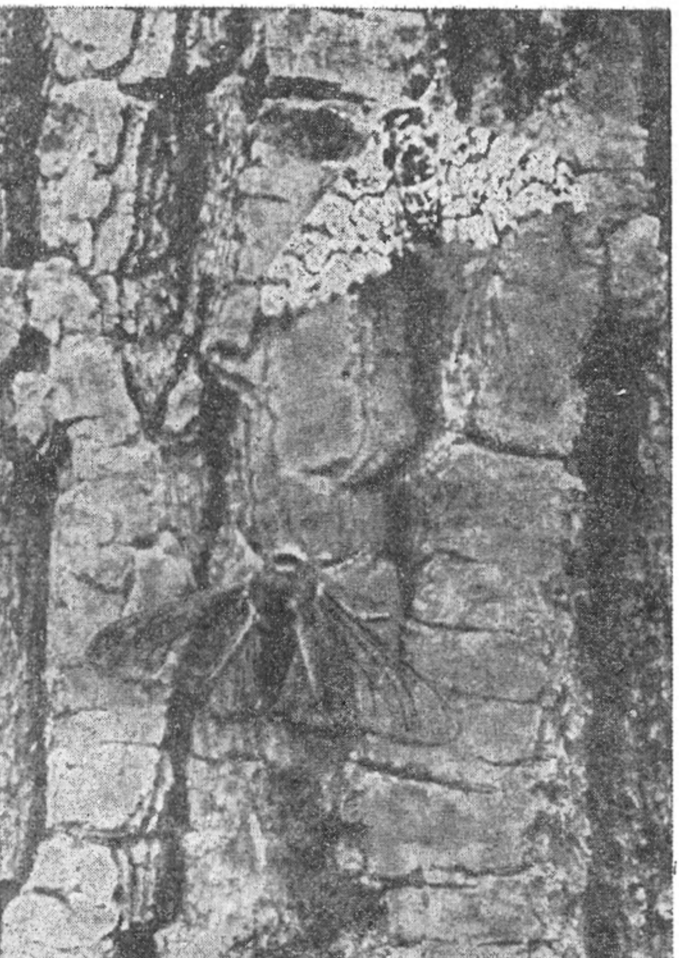
Rezultatele experienței sînt semnificative, arătînd că pe fondul de aceeași culoare cu larvele acestea sînt consumate în proporția cea mai mică. Faptul că în acest caz simțul văzului la pești are rol hotărîtor, a fost demonstrat prin experiențe făcute la întuneric, cînd toate cele trei specii de pești consumă larvele de *Chironomus* și *Pelopia* în aceleași proporții de pe fondul roșu, alb sau verde.

Rezultate deosebit de interesante asupra efectului selecției naturale au fost comunicate de Harrison, care a cercetat fluturele *Oporabia autumnata* dintr-o pădure de pini din Yorkshire (Anglia). În anul 1800, această pădure a fost împărțită în două printr-o largă tăietură. Într-o parte a pădurii pinul a fost înlocuit, cu timpul, prin mesteacăn. În felul acesta s-au creat pe vechiul loc condiții diferite: într-o parte pădurea de pin, întunecoasă, în altă parte cea de mesteacăn, luminoasă.

Cercetînd, în 1907, populația de *Oporabia autumnata* în cele două păduri vecine, Harrison a constatat că în pădurea de pin (întunecoasă) 96% din indivizi erau de culoare închisă și numai 4% de culoare deschisă. În pădurea de mesteacăn (luminoasă) 85% din indivizi erau de culoare deschisă și 15% de culoare închisă. Aceste cifre arată că în pădurea de pin păsările și liliecii distrugeau de preferință indivizii aparținînd formei de culoare deschisă, iar în pădurea de mesteacăn indivizii aparținînd formei de culoare închisă. Cercetarea resturilor de fluturi consumați (aripi) a arătat că, într-adevăr, în pădurea de pin 50% din indivizii distruși erau de culoare deschisă, deci distrugerea formei deschise se făcea mult mai intens decît a celei închise.

Toate aceste fapte arată limpede modul și mecanismul de acțiune al selecției naturale. Prin acumularea treptată a variațiilor mici, timp de generații, într-un același sens determinat de acțiunea continuă a acelorași factori ai mediului, se ajunge, treptat, la apariția unor forme noi, mai bine adaptate la condițiile abiotice și biotice date.

Cercetări deosebit de elocvente au fost făcute asupra apariției și dezvoltării melanismului industrial la o serie de specii, mai ales de fluturi.



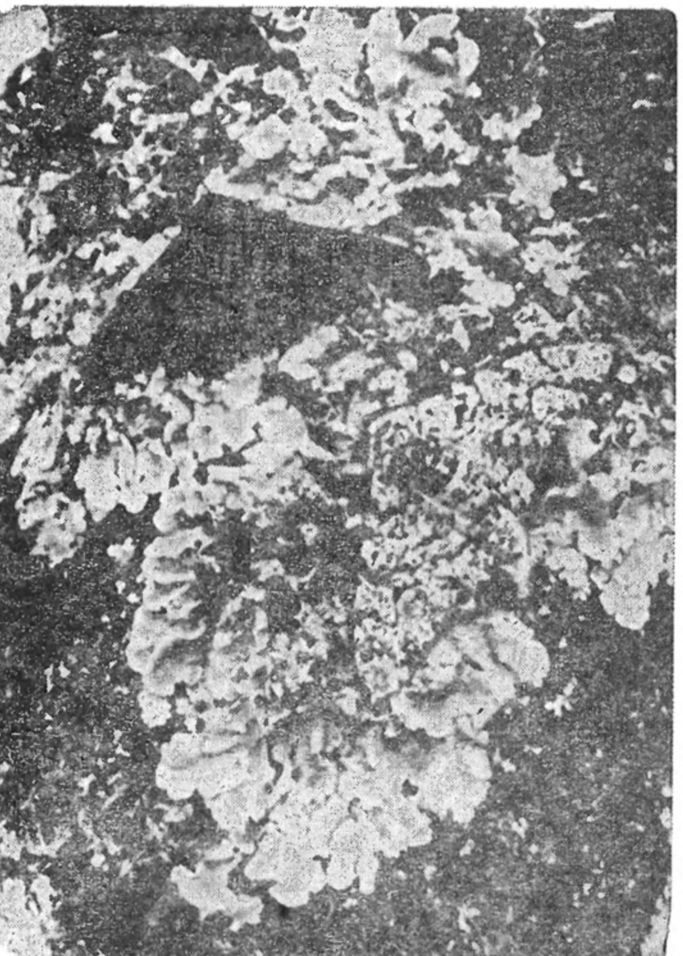


Fig. 68. Melanism industrial la *Biston betularia: stînga* – pe fond închis; *dreapta* – pe fond deschis.

în zonele cu o puternică dezvoltare a industriei în Anglia, în diferite părți ale Europei și în S.U.A., unde din cauza fumului atmosfera este mai întunecată, iar toate obiectele din mediul înconjurător murdărite și înnegrite, apariția variațiilor de culoare închisă (melanice) apare utilă din punct de vedere selectiv, ca mijloc de apărare contra dușmanilor. În Anglia se cunosc în prezent circa 70 specii de fluturi la care a apărut „melanismul industrial"; în zona Pittsburg din S.U.A. se cunosc aproximativ 100 specii.

Cercetări minuțioase au fost făcute asupra acestui fenomen la *Biston betularia* (fig. 68), în zona Manchester din Anglia, la început de către R. A. Fischer și E. B. Ford, iar mai recent de M. B. D. Kettlewell. În 1845, colecționarii amatori menționează primul exemplar melanic în zona Manchester, cînd, probabil, procentul acestei forme nu depășea 1% față de forma normală, de culoare deschisă. În 1895, 99% din populația acestui fluture în aceeași zonă era de culoare închisă.

Valoarea protectoare a acestui colorit, determinat genetic, a fost demonstrată experimental. În zona industrială Birmingham, unde 90% din exemplare ale speciei sînt melanici, a fost pus în libertate un lot de 614 exemplare marcate din care 477 fluturi melanici și 137 fluturi albi. Prin observare directă s-a putut constata cum păsările atacă și consumă fluturii. Apoi s-a procedat la recapturarea fluturilor cu ajutorul unei capcane cu lumină, în timpul nopții. Din fluturii marcați au fost recapturați 40% din cei negri și 19% din cei albi, ceea ce arată că distrugerea exemplarelor de culoare deschisă s-a produs mult mai intens decît a celor de culoare închisă.

Un alt lot, constînd din 473 fluturi melanici și 496 de culoare deschisă, a fost eliberat într-o zonă (Dorset) nepoluată, unde nu există încă forme melanice. Rezultatul recapturării a fost inversat față de prima experiență: 6% din cei melanici au fost recapturați și 12,5% din cei de culoare deschisă.

Aceste cifre sînt extrem de semnificative și arată, în cazul de față, o acțiune intensă și rapidă a selecției în sensul elaborării homocromiei și, deci, a generalizării în populație a mutațiilor care determină culorile melanice.

În aceeași categorie de fapte poate fi încadrat cazul melcului *Cepaea nemoralis.*

5.3.2. IMITAȚIA

Constă în faptul că homocromia apare aici asociată cu imitarea mai mult sau mai puțin perfectă a formei și a desenului obiectelor înconjurătoare. Aceste fenomene sînt foarte frecvente. De pildă, insectele acvatice *Ranatra, Hydrometra* seamănă prin culoare și prin formă cu tulpinile plantelor printre care se mișcă. Este interesant că pe calea selecției s-a realizat o convergență puternică cu un alt heteropter — de data aceasta terestru — *Berytus,* care seamănă uimitor cu *Hydrometra* și care trăiește prin pășuni, printre ierburi, unde se pierde printre tulpinile plantelor. Aici se vădește încă o dată că nu condițiile generale ale mediului general abiotic (apa, aerul) sînt cele care determină convergențele, ci mediul specific (plantele, în cazul de mai sus), în care specia își duce viața.



Fig. 69. Imitație: omidă de sfingid imitind forma și desenul nervurilor unor frunze răsucite (după H. Cott, 1940).

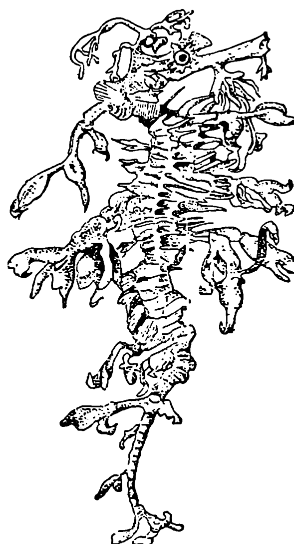


Fig. 70. Imitație: peștele *Phyllopterix eques* imitind forma și culoarea plantelor acvatice din M. Sargasselor (după H. Cott, 1940).

Omizile unor fluturi (de pildă, ale geometridelor) imită nu numai culoarea ramurilor pe care stau dar și forma lor, avînd adesea mici excrescențe care seamănă cu mugurii. Omizile unor fluturi (*Sphinx ligustri*) imită culoarea frunzelor de liliac, iar dungile oblice de pe corp seamănă cu nervurile frunzelor (fig. 69).

Numeroase exemple de imitare uimitor de perfectă pot fi date și din fauna exotică. De pildă, la fluturele *Callima inachus* (din Malaezia) culoarea, forma și desenul aripilor, în stare de repaus, imită perfect frunzele pe care stă, cu nervurile și petele produse de ciuperci. Printre pești, *Singnathus* și *Hippocampus* de la noi se pierd ușor în desișurile de vegetație, iar ruda exotică a călutului de mare — *Phyllopterix* —, care trăiește printre algele din Marea Sargasselor, este verde și parcă zdrențuit, încît nici nu mai seamănă a animal (fig. 70).

În unele cazuri, animalele imită diferite obiecte, în diferite momente ale ontogeniei. De pildă, la fluturele *Drepana lacertinaria*, omizile tinere, colorate alb, stau strînse la un loc și formează pe frunzele de mesteacăn o pată ce se aseamănă cu excrementul de pasăre; omida adultă seamănă cu amentul mesteacănului, iar fluturele în stare de repaus cu frunzele uscate de mesteacăn.

Colorația criptică și imitația nu sînt desigur eficace decît în anumite condiții. Astfel, mișcarea trădează de obicei animalele homocrome sau imitatoare. De aceea, aceste tipuri de colorație protectoare sînt asociate totdeauna cu un anumit comportament, cu anumite instincte, fără de care ele își pierd eficacitatea.

De pildă, șopîrlele verzi (ca, dealtfel, și alte specii) se deplasează foarte repede din loc în loc, apoi se opresc imobile. Păsările care-și pîndesc prada, cum sînt stîrcii (cenușii, roșii), stau imobile, pe malul apei lîngă stuf, iar coloritul părții lor ventrale îi face să se contopească cu acela al desișului de stuf. Cicadele mari (de pildă, *Cicada orni*) stau imobile pe scoarța stejarului; la cel mai mic pericol încetează și țîrîitul și atunci sînt extrem de greu de observat. Omizile sfingidelor, deși mari, sînt adesea foarte greu de găsit, cu toate că prezența lor pe copaci sau tufe se trădează ușor prin excrementele mari care se văd în jurul plantei.

Într-una din zile, împreună cu un grup de studenți, deși am căutat în mai multe sălcii sub care existau asemenea excremente, cu multă greutate am reușit să observăm o omidă mare de sfingid. Ea stătea pe o rămurică subțire, cu capul îndreptat spre vîrful acesteia. Culoarea omizii este identică cu verdele argintiu al frunzei de salcie, nervurile sînt limitate de dungile oblice care-i străbat corpul, iar asemănarea apare și mai uimitoare în momentul critic: simțind pericolul, omida își desprinde de pe ramuri partea anterioară a corpului, rămîne imobilă, rigidă, iar partea posterioară apropiindu-se de ramură seamănă cu un pețiol; în acest fel, omida are în ansamblu înfățișarea unei frunze de salcie ușor răsucită.

O întîmplare relatată de un ornitolog (W. H. Hudson) lămurește pe deplin cît de important este nu numai coloritul de protecție, dar, mai ales, comportamentul adecvat.

Aflîndu-se într-o cîmpie, el trage într-un exemplar de *Ardetta involucris* (asemănătoare cu buhaiul nostru de baltă — *Botaurus stellaris*, dar mai mică). Pasărea a dispărut într-un mic pîlc de stuf izolat în cîmpie. Pătrunzînd în stuf, vînătorul a căutat zadarnic pasărea, timp de un sfert de oră. Cînd era gata să părăsească locul, neputînd da de urma animalului, el a observat că pasărea se află doar la vreo 20 cm distanță, la nivelul genunchiului. Ea stătea agățată, perfect întinsă, de un fir de stuf. Coada atingea tulpina stufului, iar corpul, gîtul, capul, ciocul erau întinse drept în sus, fără nici un fel de îndoituri. Pasărea stătea încremenită, îndreptată spre observator cu partea ventrală, colorată în galben murdar, asemenea stufului uscat. Vînătorul, peste măsură de uimit, crezînd că poate pasărea este rănită sau paralizată de spaimă, a apucat-o de vîrful ciocului, aplecîndu-i capul pînă a atins spatele. Cînd i-a dat drumul, pasărea s-a îndreptat parcă ar fi fost un arc de oțel. Întrebîndu-se cum de nu a observat, în timp ce umbla prin pîlcul de stuf, laturile sau spatele păsării, colorate diferit, el și-a dat seama că aceasta se rotea în jurul firului de stuf, expunînd mereu observatorului doar partea ventrală colorată homocrom. „Mișcările ei, cînd se întorcea mai repede sau mai încet, în jurul stufului, corespundeau atît de precis cu mișcările mele proprii, încît aproape că m-a cuprins îndoiala dacă mă mișcam eu însumi“ (H. Cott).

Împotriva interpretării darwiniste a utilității colorației criptice s-au ridicat o serie de obiecții. Dacă ea este atît de utilă, atunci de ce nu o au, de pildă, toate păsările De ce există păsări complet albe, ca pelicanii, stîrcii albi, iar alte păsări au colorit neprotector? În principiu, explicația

constă în aceea că homocromia apare numai atunci cînd este utilă și necesară, iar utilitatea și necesitatea ei trebuie apreciate în fiecare caz în parte, cunoscînd viața și obiceiurile animalului. Astfel, pelicanii, stîrcii albi, nu au efectiv dușmani, deci ca mijloc de apărare culoarea apare indiferentă. Nici ca mijloc de camuflare în atac nu este mai utilă: pelicanul pescuiește activ, stîrcii albi (mare și mic) se hrănesc cu viermi, larve de insecte sau pui de pești, pe care îi prind urmărindu-i activ prin apa mică. Din contră, stîrcii roșii și cenușii — care pîndesc prada — sînt perfect homocromi.

La multe păsări care clocesc pe sol, colorația joacă un rol de protecție numai în perioada clocitului, în restul vieții neavînd acest rol. Deci colorația protectoare poate fi funcțională doar o scurtă perioadă din viața individului, perioadă deosebit de importantă pentru existența speciei.

Unele cercetări făcute pe plante au scos la iveală adaptări ce pot fi încadrate în fenomenul imitației.

Astfel, botanistul N. Ț i n g h e r, cercetînd speciile de *Alectorolophus*, a constatat că în semănăturile de secară a apărut specia *Al. apterus* care, sub influența selecției inconștiente efectuate de om, a căpătat o serie de trăsături noi: capsulele nu se mai deschid singure și semințele nu se mai eliberează decît la treierat, deci odată cu cele ale secarei. Aripioarele de pe semințe s-au redus astfel încît semințele acestei buruiene nu se mai pot separa prin vînturare de cele de secară. Evoluția acestor caractere este încă în curs de desfășurare: se găsesc, de pildă, capsule cu cîte o crăpătură prin care mai pot cădea semințe; printre semințe se întîlnesc destul de multe (52%) cu rudimente de aripioare, unele (12%) cu aripioare mai mari și altele izolate (1,5%) cu aripioare normale.

Un caz asemănător este cel al buruienii *Camelina* (fig. 71). Unele rase ale acestei specii infestează culturile de in din Europa. Forma comună, crescînd pe cîmpuri deschise, pe margini de drumuri, este ramificată, cu flori albe mici, cu semințe destul de mici, ovoide. Formele care infestează culturile de in seamănă cu această plantă de cultură: sînt înalte, neramificate, drepte. Schimbări importante s-au produs și în forma semințelor: în timp ce semințele formei comune (forma ramificată) se deosebesc de cele de in și se separă ușor prin vînturare, formele din culturile de in au semințe de o asemenea mărime, formă și greutate



Fig. 71. Imitația la plante: *A* – *Camelina linicola*, crescută în semănătură rară; *B* – *Camelina glabrata*, crescută în lanul de in; *C* – *C. glabrata*, crescută liber (*B* și *C* sînt modificații, deoarece provin din semințele aceluiași exemplar) (după I. Ș m a l g a u s e n, 1968).

specifică, încît rămîn printre semințele de in vînturate. Trăsăturile de asemănare a semințelor acestei buruieni cu cele de in sînt de natură genotipică.

Buruienile din genul *Echinochloa*, care infestează culturile de orez și sînt îndepărtate din cultură prin plivit, iar semințele lor prin vînturare, datorită selecției „inconștiente" efectuate timp îndelungat de om, manifestă asemănări avansate cu orezul. Trecerea la distrugerea acestor buruieni prin erbicide specifice, desigur că va opri acest proces de adaptare.

5.3.3. COLORAȚIA DE AVERTIZARE

Constă în coloritul bătător la ochi al animalelor care posedă mijloace active și eficace de apărare sau care sînt necomestibile (toxice, neplăcute la gust, rău mirositoare etc.). Cînd aceste mijloace le posedă chiar animalul viu colorat, atunci colorația poartă numele de *aposematică;* uneori însă animalele lipsite de asemenea mijloace de protecție utilizează pentru apărare alte animale care au asemenea mijloace și în acest caz este vorba de o colorație *alosematică.*

Colorația aposematică. Se întîlnește la numeroase insecte (viespi, albine, coccinele etc.) colorate viu, veninoase, necomestibile. Rolul acestei colorații se explică prin efectul „educativ" pe care-l are asupra eventualilor dușmani. Astfel, dacă o pasăre tînără va încerca odată sau de două ori să consume o viespe și va fi înțepată, ea nu va mai face asemenea încercări. Iată o experiență edificatoare în această privință: mai multe broaște din specia *Bufo bufo* (broasca rîioasă) au fost hrănite timp de 7 zile cu albine. După trei zile, numărul broaștelor care mai consumau albine a scăzut mult, iar după șapte zile nici una nu s-a mai hrănit cu albine. După trei săptămîni reflexul stabilit a slăbit foarte puțin, deoarece numai cîteva broaște au „uitat" experiența dobîndită.

În stomacul a 993 broaște arboricole, aparținînd la trei specii, s-au găsit 11 585 insecte, dintre care numai 20 indivizi (0,17%) aveau colorație aposematică.

În timp ce multe animale colorate criptic duc o viață nocturnă, majoritatea celor aposematice sînt active în timpul zilei cînd sînt vizibile. De pildă, sfingidele sînt toate nocturne, în timp ce *Hemaris fuciformis* și *H. tytius,* care imită bondarii, sînt diurni.

Colorația alosematică. Reprezintă pentru multe animale un bun mijloc de apărare. De pildă, diferite specii de paguri fixează pe corpul lor (pe suprafața cochiliilor în care trăiesc) diferite celenterate (actinii, hidroizi), briozoare sau spongieri. Uneori, unii crabi își acoperă complet corpul cu spongieri sau alteori prind actinii în clește și merg purtîndu-le în față. În aceeași categorie intră cazul unor pești (fam. *Pomacentridae*) care-și duc viața în recifele de corali și care se adăpostesc de dușmani printre tentaculele urticante ale unor actinii; la fel, unele păsări își aleg locul de cuibărit cît mai aproape de coloniile de viespi. La unele specii, acest fel de a cuibări a devenit absolut obligatoriu.

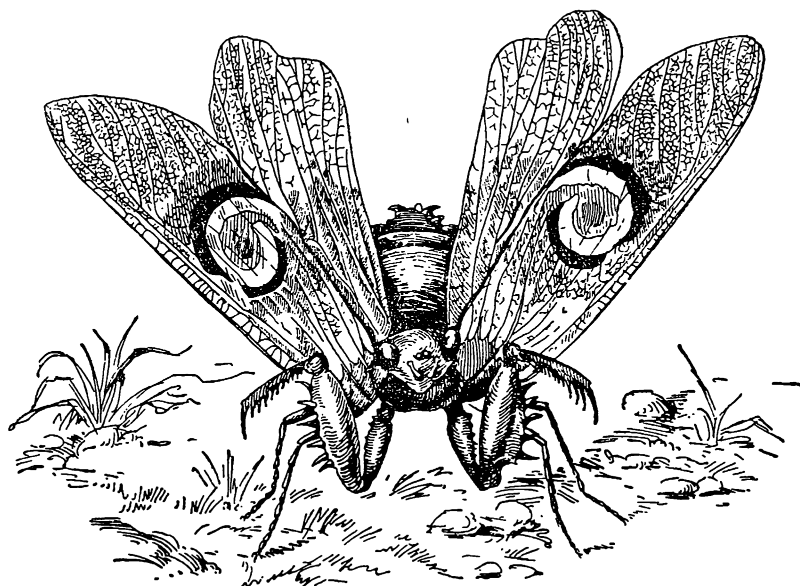


Fig. 72. Demonstrație: un mantid etalîndu-și desenul care impresionează pe dușman (după H. Cott, 1940).

5.3.4. DEMONSTRAȚIA

Constă în anumite comportamente ale unor animale care, în momentul apropierii pericolului, scot brusc la iveală anumite desene sau forme ale unor părți ale corpului, speriind dușmanul prin surpriza apariției acestor caractere. Așa procedează, de pildă, unii fluturi din genul *Catocala*. Aripile lor anterioare sînt cenușii și homocrome cu scoarța copacilor pe care stau de obicei acești fluturi în cursul zilei. La apropierea pericolului, fluturele ridică brusc aripile anterioare, dînd la iveală aripile posterioare colorate în roșu, cu dungi negre contrastante.

Același fenomen este frecvent și la insecte, ca de pildă la orthoptere (fig. 72). În alte cazuri unele animale desfac brusc unele pliuri ale corpului, membrane etc. care le schimbă forma în mod surprinzător, oprind pentru moment dușmanul și înlesnind salvarea victimei.

5.3.5. MIMETISMUL

Constă în faptul că unele animale lipsite de mijloace de apărare capătă o asemănare mai mult sau mai puțin accentuată cu alte animale care au mijloace eficace de apărare. Această asemănare se referă la coloritul corpului, forma lui, comportamentul, în așa fel încît imitatorul este confundat cu animalul imitat.

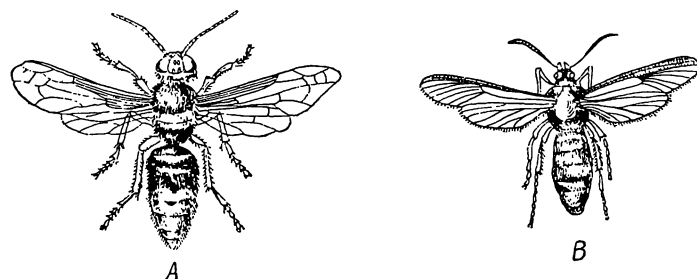


Fig. 73. Mimetism batesian: *A – Vespa crabro; B* – fluturele *Aegeria crabroniformis.*

Mimetismul reprezintă un fenomen foarte răspîndit în natură și el poate fi de trei categorii: *batesian, müllerian, parazitar.*

Mimetismul batesian (după numele naturalistului englez Bates). Este forma cea mai răspîndită a mimetismului și constă în aceea că unele animale (fluturi, muște), lipsite de mijloace de apărare, capătă o asemănare uneori de-a dreptul uimitoare cu alte animale (mai ales viespi, albine) bine apărate. De pildă, la noi în țară, multe muște din familia *Syrphidae (Volucella, Eristalis* etc.) seamănă cu bondari, viespi sau albine. Fluturii *Aegeria apiformis* și *A. crabroniformis* (fam. *Aegeriidae*) seamănă uimitor de mult cu unele specii de viespi (de exemplu, *Vespa crabro* — fig. 73).

Se cunosc numeroase cazuri de mimetism batesian între diferite specii de fluturi. Astfel, în regiunea Amazoanelor, trăiesc numeroși fluturi necomestibili din familia *Heliconidae.* Printre ei se găsesc însă și indivizi izolați, comestibili, din familia *Pieridae.* Aceștia din urmă imită întocmai coloritul heliconidelor și astfel scapă de dușmani.

În Africa se întîlnesc fenomene interesante de mimetism batesian la fluturii din familia *Papilionidae (Papilio dardanus, P. polytes).* La aceste specii numai femelele sînt mimetice; masculii au coloritul obișnuit, asemănător cu *P. machaon* de la noi. În Etiopia, unele femele sînt asemănătoare cu masculii (*Papilio dardanus*); este probabil tipul inițial dar, în afară de acestea, există alte două tipuri de femele ale aceleiași specii, imitînd danaidele locale necomestibile *(Amauris, Danais).* În Africa de sud, femelele aceleiași specii (*Papilio dardanus*) sînt de trei feluri: unele imită pe *Danais chrysippus,* altele, avînd o culoare cu totul diferită, imită pe *Amauris navius*, iar altele pe *Amauris echeria.* Interesant este faptul că această din urmă specie avînd mai multe rase locale, și la *Papilio dardanus* apar rase locale paralele și asemănătoare cu primele.

Există cazuri de mimetism și la vertebrate. De pildă, în Brazilia, șerpii neveninoși din familia *Colubridae (Erythrolampus* și alte genuri) imită uneori întocmai speciile veninoase din familia *Elapidae (Elaps fulvius).*

La păsări se consideră ca fenomen mimetic asemănarea între cuc și șoimul *Accipiter nisus;* în Africa, asemănarea a două specii de *Muscicapidae (Bradyornis ater* și *Campephaga nigra)* și alte două specii necomestibile (*Dicrurus afer* și *D. ludwigi*) oferă, de asemenea, exemple de mimetism.

Mimetismul müllerian. Constă în asemănarea generală între multe specii aposematice. De pildă, foarte multe specii de viespi seamănă între ele; același lucru la albine și bondari. Avantajul acestui fenomen este evident; cu cît vor fi mai mulți indivizi asemănători, cu însușiri aposematice, cu atît efectul „educativ" asupra dăunătorilor va fi mai rapid. O pasăre sau o șopîrlă care va încerca să consume o dată, de două ori niște viespi și va fi înțepată, nu se va mai atinge nu numai de specia respectivă de viespe, dar și de toate celelalte specii de viespi care seamănă cu prima. Obținerea acestui rezultat „educativ" și avantajos nu necesită neapărat asemănarea de amănunt, ci doar o asemănare generală, suficientă spre a atrage atenția dușmanului asupra însușirilor dăunătoare, periculoase ale animalului.

Mimetismul parazitar. Constă în faptul că unele animale care trăiesc, de pildă, ca paraziți sau „oaspeți" în furnicare sau în locuri frecventate de furnici capătă o asemănare foarte avansată cu furnicile. Asemenea animale mirmecoide se întîlnesc printre heteroptere, păianjeni etc.

De pildă, ortopterul *Myrmecophaga fallax* (Africa) realizează această asemănare prin gruparea pigmentului negru în așa fel încît imită talia subțire și abdomenul umflat al furnicii, restul corpului avînd o culoare deschisă, contrastantă. Aflîndu-se pe un fond alb, acest cosaș se deosebește foarte greu de furnici. Nimfa heteropterului european *Nabis lativentris* (fam. *Reduviidae*) realizează asemănarea cu furnicile prin aceleași mijloace.

După cum se vede din faptele de mai sus, mimetismul parazitar nu este de fapt o categorie echivalentă cu primele două, ci doar un caz particular al mimetismului batesian.

S-au făcut numeroase experiențe care dovedesc eficacitatea mimetismului. De pildă, unor șopîrle obișnuite să consume cleoptere li se ofereau trei feluri de gîndaci: modele (deci necomestibile, aposematice), imitatori (specii mimetice comestibile) și neimitatori (specii nemimetice, comestibile). Într-o primă experiență, care a durat șase zile, nu a fost consumat nici un individ aparținînd celor patru specii-model oferite, și nici dintre cei patru imitatori. În același timp au fost consumați toți cei 10 neimitatori. În a doua experiență, cam de aceeași durată, li s-au oferit șopîrlelor trei specii-imitatoare și cinci neimitatoare. Imitatorii au rămas intacți, iar patru specii din cele cinci neimitatoare au fost consumate.

O altă experiență semnificativă s-a făcut cu gaița din Florida — *Cyanocitta coerulescens.* Păsărilor tinere, lipsite de „experiență", li s-a

oferit fluturele *Limenitis archippus*, imitator comestibil al lui *Danaus plexippus* — danaid necomestibil (în partea de Est a S.U.A.). Apoi, acelorași păsări li s-au oferit exemplare de *Danaus plexippus*. După prima încercare au respins cu violență pe acest fluture. Cînd li s-a oferit din nou *Limenitis* — l-au respins și pe acesta. Deci „lecția" a fost învățată

În sfîrșit, menționăm o experiență cu mimetism artificial. Ca prădător s-au folosit grauri în captivitate, iar ca victime viermi de făină (*Tenebrio*). Pentru a face larvele neplăcute la gust au fost scufundate pentru cîteva momente într-o soluție de chinină. Apoi pe fiecare larvă a fost pictată o bandă verde. Acesta era modelul. Imitatorii erau la fel, dar neînmuiați în chinină. Alte larve au fost colorate cu cîte o bandă portocalie. Toate trei categoriile de larve au fost oferite graurilor. După cîteva încercări, au fost consumate toate larvele cu benzile portocalii iar modelul și imitatorul au fost respinși.

•

Condițiile mimetismului. Cu toată marea răspîndire în natură a fenomenelor de mimetism, nu orice asemănare dintre o specie lipsită de mijloace de apărare și una bine apărată poate fi calificată drept mimetică. De pildă, dacă o muscă din Europa va semăna cu o viespe din Africa, aceasta nu-i va aduce muștii nici un folos, pentru că păsările europene nu cunosc viespile africane. Prin urmare, pentru ca o formă să fie mimetică, între ea și forma copiată (model) trebuie să existe anumite corelații: *a)* modelul și imitatorul trebuie să trăiască în aceeași regiune, să să găsească în același biotip, să aibă instincte asemănătoare. Numai în acest fel un dușman va putea să confunde imitatorul cu modelul său; *b)* modelul trebuie să aibă mijloace eficace de apărare, deci să aibă o mare putere „educativă". Acest lucru este necesar pentru a putea compensa lipsa unor asemenea mijloace la imitator; *c)* modelul trebuie să fie totdeauna în număr mult mai mare decît imitatorul. Dacă raporturile numerice ar fi inverse, atunci răpitorii „s-ar convinge" repede că imitatorul este comestibil și s-ar obișnui să-l distingă de forma-model. Cu cît este mai mare numărul imitatorilor, cu atît se „diluează" modelul și slăbește puterea „educativă" a mijloacelor lui de apărare.

În încheiere la problema rolului creator al selecției mai trebuie făcută o precizare: susținînd ideea rolului creator al selecției, nu trebuie să conchidem că el se exercită oricînd, în orice condiții și cu orice preț. Cu alte cuvinte, selecția nu „creează" de dragul de a crea ceva. A susține așa ceva înseamnă a încălca însăși principiul de bază al selecției — acela al utilității diferitelor trăsături, caractere pentru populație (specia) dată. Așa cum un selecționator procedează la transformarea raselor de animale sau a soiurilor de plante, atît timp și în măsura în care acest lucru este util pentru atingerea țelului propus, iar apoi acționează în sensul menținerii caracterelor realizate, tot așa și selecția naturală de-

termină transformări ale populațiilor, apariția de trăsături noi, de „inovații“, numai atunci cînd acestea sînt utile și în măsura în care satisfac supraviețuirea populației, în condiții cît mai apropiate de o stare optimă. În cazul în care acest lucru nu este necesar, selecția nu se va manifesta ca factor creator.

Multe fapte ilustrînd selecția stabilizatoare ca, de pildă, existența tipurilor persistente, arată că multe specii de plante sau animale persistă vreme extrem de îndelungată, fără a suferi modificări importante.

5.4. EXPLICAȚII DATE CULORILOR ȘI FORMELOR PROTECTOARE

Studiul culorilor și formelor în natură ridică numeroase și complexe probleme privind originea acestor caractere, factorii care determină apariția și dezvoltarea lor, diversitatea acestor caractere și modul de răspîndire în grupele de animale și plante etc.

Nu există o explicație unanim acceptată pentru toate fenomenele și procesele amintite. În momentul de față se pot desluși trei orientări mai importante în interpretarea originii și rolului culorilor și formelor.

Cea mai larg acceptată este **teoria neodarwinistă** (actuală), care reprezintă, de fapt, o dezvoltare a concepției darwiniste, interpretînd fenomenele menționate în termenii selecției naturale. Deci ideea de bază a acestei explicații este aceea de utilitate a culorilor și formelor și, de aici, perfectibilitatea lor continuă prin acțiunea selecției

O altă orientare este de nuanță **neolamarckistă** care, recunoscînd (parțial) utilitatea culorilor și formelor, le consideră drept efecte ale acțiunii directe a mediului și nu ca rezultat al selecției.

În sfîrșit menționăm și o a treia orientare, pe care o putem denumi **mutaționistă,** care, negînd utilitatea caracterelor menționate, le consideră ca efecte întîmplătoare ale unor mutații și ele întîmplătoare.

Vom prezenta, rezumativ, argumentele și limitele acestor încercări, începînd cu ultimele două.

Concepția neolamarckistă. După această concepție, fenomenele de homocromie sînt utile și, deci, supuse selecției numai în faze avansate de dezvoltare a coloritului protector, selecția neputînd acționa asupra fazelor incipiente, asupra variațiilor mici de colorit. Originea colorației homocrome s-ar explica prin influența directă și ereditară a condițiilor mediului ca hrana, lumina reflectată de mediul înconjurător etc. În sprijinul acestei păreri sînt aduse unele fapte, pe care le-am citat mai înainte (culoarea verde a unor omizi datorată hranei ingerate, schimbarea de culori la unii pești sub influența directă a coloritului substratului, schimbarea culorilor cameleonului etc.). Dar nu trebuie să uităm că aceste fenomene reprezintă doar *mecanismul* fiziologic de apariție a culorilor. Ereditare nu sînt culorile respective ci capacitatea genotipului de a determina

căile metabolice necesare producerii schimbărilor de colorit. Această capacitate, care reprezintă norma de reacție, nu mai poate fi explicată prin influențe directe și ereditare ale unor factori abiotici. Schimbările de colorit și de desen apărute sub influența acestor factori pot fi, deci, încadrate în categoria modificațiilor.

Fenomenele de mimetism, de colorație aposematică (avertizare) sînt explicate în moduri diferite de pe pozițiile concepției neolamarckiste. Astfel, o parte din aceste fenomene (unele cazuri de mimetism și colorație de avertizare) sînt considerate ca nefiind reale și obiective ci s-ar datora caracterului antropomorfic, subiectiv, al interpretării darwiniste. În realitate, ele nu ar avea vre-o utilitate. Or experiențe numeroase, din care unele au fost citate mai înainte, demonstrează eficiența mimetismului și a culorilor de avertizare.

Alte fapte din categoria mimetismului sînt atribuite unor simple convergențe între imitator și model, convergențe care s-ar datora influenței asemănătoare a unor factori ai mediului asupra diferitelor grupe de organisme și nu ar implica neapărat vre-o utilitate. Această ipoteză însă nu poate explica legile mimetismului, este contrazisă de numeroase experiențe care demonstrează eficacitatea mimetismului. De asemenea, fenomenele de mimetism nu pot fi interpretate drept convergențe deoarece, în felul acesta, nu se pot explica nu numai legile mimetismului dar și faptul că totdeauna imitatorul este cel care se depărtează de grupul său natural și devine asemănător cu modelul și niciodată nu are loc procesul invers. Pe lîngă aceasta trebuie menționat și faptul că mimetismul nu se reduce doar la imitarea culorilor, ci implică schimbări complexe de comportament, ceea ce cu greu se poate atribui convergențelor.

În concluzie, apare limpede că de pe pozițiile concepției neolamarckiste, pînă în prezent, nu se pot explica fenomenele culorilor și formelor protectoare.

Interpretarea mutaționistă. Pornește de la ideea că asemănările încadrate de pildă în fenomene de mimetism s-ar datora apariției unor mutații paralele, fără vre-un raport cu utilitatea asemănării. În sprijinul aceste idei este adusă *legea șirurilor de mutații omoloage,* stabilită de geneticianul N. I. Vavilov. Studiind genetica gramineelor, Vavilov a stabilit că la specii și genuri apropiate genetic apar șiruri de variații ereditare paralele (asemănătoare) și aceasta cu o asemenea regularitate, încît urmărind variațiile unei specii sau unui gen putem prevedea apariția unor mutații asemănătoare la alte specii sau genuri înrudite. Ipoteza a putut fi verificată într-o serie de cazuri. La graminee s-a putut stabili existența unor șiruri de mutații paralele la diferite specii și genuri privind inflorescența, caracterele boabelor, caractere ecologice etc. Explicația apariției acestor șiruri de mutații paralele ar consta în originea comună și mai mult sau mai puțin apropiată a formelor respective.

Această ipoteză poate fi acceptabilă în unele împrejurări, dar ea nu poate oferi o explicație generală a formelor și culorilor protectoare. De

pildă, se poate accepta ideea că multe genuri și specii de himenoptere (albine, viespi etc.) seamănă între ele datorită originii lor comune și, deci, existenței unor șiruri de variații ereditare analoage. Tot astfel, s-ar putea explica, de pildă, asemănarea generală a speciilor de *Syrphidae* (diptere) între ele prin înrudirea lor.

Dar această ipoteză nu poate explica de ce multe din aceste diptere mimează himenoptere și de ce nu se întîmplă acest lucru cu alte familii de diptere. De asemenea, ea nu poate explica legile mimetismului; nu poate explica de ce totdeauna imitatorul este cel care se depărtează de tipul său și capătă asemănare cu modelul și nu invers; de ce mutațiile respective afectează doar caracterele externe (culorile, formele) și nu și organizarea internă? Nu este nevoie să mai subliniem faptul că această ipoteză nu poate fi aplicată în încercarea de a explica asemănări (imitația) dintre unele animale și plante care le servesc drept substrat sau hrană (fenomene de homocromie, imitație).

Date fiind aceste dificultăți care se ridică atît în fața interpretării neolamarckiste, cît și a celei mutaționiste, cea mai acceptabilă este, în momentul de față, explicarea fenomenelor studiate în termenii selecției naturale. Ideea de bază a acestei explicații este *utilitatea* asemănărilor de colorit, comportament etc. cu substratul sau cu alte specii, avînd anumite însușiri, și aceasta nu numai în ceea ce privește asemănări perfecționate ci chiar în forma lor incipientă, a variațiilor individuale.

Dacă la unele specii lipsite de mijloace efective de apărare apar variații individuale, avînd drept rezultat faptul că unii indivizi devin ceva mai asemănători cu substratul sau cu alte specii bine apărate decît alți indivizi, aceasta va fi suficient spre a spori șansele de supraviețuire și de reproducere a primilor, și cu aceasta să deschidă calea de perfecționare nelimitată a asemănărilor prin acțiunea selecției.

Utilitatea asemănărilor în forma lor perfecționată nu mai poate fi pusă la îndoială deoarece a fost demonstrată experimental.

Împotriva explicației prin selecție a formelor și culorilor protectoare, se ridică unele obiecții. Astfel se arată că și formele mimetice și cele homocrome sînt adesea distruse de diferiți dușmani și, deci, nu ar avea eficiență. Nu trebuie uitat însă faptul că toate adaptările sînt relative. Cu cît se perfecționează culorile și formele protectoare, se perfecționează și simțurile și comportamentele dușmanilor astfel încît totdeauna un număr de organisme va fi distrus, dar este suficient să supraviețuiască atîția încît să asigure conservarea speciei date, pentru ca această distrugere însăși să devină un factor de selecție și, deci, de perfecționare a caracterului util dat.

Selecția naturală, fiind rezultat al unor corelații complexe, niciodată nu poate crea adaptări totale, absolute, care ar însemna de fapt ruperea completă a speciei date de condițiile ei de viață, ceea ce nu este compatibil cu existența speciei.

O altă obiecție constă în aceea că dacă, spre exemplu, homocromia este atît de utilă, de ce nu sînt toate animalele homocrome? Întrebarea este naivă. Cu același drept am putea să ne întrebăm de ce nu pot zbura

toate animalele din moment ce zborul este foarte util sau de ce nu au toate scheletul intern care este și el de mare utilitate etc.

Divergența evoluției, deci și *diversitatea* adaptărilor, este însăși condiția de bază a evoluției vieții. Dacă toate speciile ar avea aceleași adaptări, faptul acesta ar contrazice însăși valoarea lor adaptativă și ar însemna încetarea evoluției. Fiecare specie evoluează pe calea sa proprie. are un propriu complex de adaptări conform cu condițiile specifice ale mediului concret în care a evoluat. Homocromia, de pildă, după cum s-a mai arătat în acest capitol, devine utilă numai în anumite împrejurări. în anumite momente, împletită cu anumite comportamente, în timp ce în alte împrejurări ea este inutilă, speciile găsind alte căi de adaptare și supraviețuire.

PARTEA A TREIA

SPECIA ŞI SPECIAŢIA

CAPITOLUL 6.

SPECIA

Generalităţi. Problemele legate de studiul speciei ca fenomen biologic real, de cunoaştere a naturii acestui fenomen, a trăsăturilor sale caracteristice structurale, a modalităţilor de geneză şi de transformare a speciilor, reprezintă preocupări centrale ale concepţiei evoluţioniste actuale.

Pentru claritatea problemelor tratate este necesar să facem unele precizări. Termenul de *specie* este folosit astăzi în trei sensuri diferite: *taxon, categorie, nivel de organizare.*

Taxonul este o unitate sistematică anumită, concretă, de un anumit rang în clasificarea ierarhică a plantelor sau animalelor. De pildă, amfibiile reprezintă un taxon al cărui rang este cel de clasă; *Rana* este un taxon de rangul genului, iar *Rana ridibunda* este un taxon de rangul speciei. Deci un taxon de rangul speciei sau specia ca taxon este o specie dată, o unitate sistematică concretă, ocupînd o anumită poziţie în clasificarea ierarhică.

Categoria este un termen abstract care cuprinde toate unităţile, toţi taxonii de un anumit rang. De pildă, termenul de *gen* este o categorie care cuprinde toate genurile, deci toţi taxonii de rangul genului. Categoria de *specie* cuprinde toţi taxonii de rangul speciei, deci este o abstractizare a speciilor concrete, este specia în general, în cadrul ordinei ierarhice a categoriilor sistematice.

Din punct de vedere al organizării materiei vii, specia reprezintă *un anumit nivel de organizare al vieţii,* o formă de mişcare biologică. Taxonii de rang specific, deci speciile concrete, sînt unităţile reprezentative ale acestui nivel de organizare.

Prin urmare, noţiunea de specie poate reprezenta un taxon concret, un rang în clasificarea ierarhică (categorie) sau un nivel de organizare al materiei vii.

6.1. SCURT ISTORIC AL NOŢIUNII DE SPECIE

Dezvoltarea cunoştinţelor despre specie a început prin cunoaşterea speciilor concrete (a taxonilor), a continuat prin elaborarea concepţiei

despre categoria de specie și doar în ultima vreme despre specie ca nivel de organizare.

Nu este necesar să insistăm aici asupra faptului că oamenii au învățat să cunoască numeroase specii de plante și de animale, cu mult înainte de apariția științelor biologice. Satisfacerea cerințelor practice ale vieții legate de alimentație (culegerea și apoi cultivarea de plante, îngrijirea și apoi creșterea animalelor, vînătoarea, pescuitul), apărare, sănătate (utilizarea diferitelor plante în medicație) etc. a impus identificarea diferitelor specii concrete, a însușirilor lor a locurilor de trai, obiceiurilor etc.

Această cunoaștere a căpătat caracter științific în operele autorilor antici (Aristotel, Teophrast etc.), care cuprind descrieri tot mai exacte a numeroase specii de plante și animale și în care se schițează primele încercări de clasificare și, deci, de conturare a categoriilor.

Aceste preocupări, întrerupte practic în cursul evului mediu, au fost reluate cu multă intensitate, începînd din secolul al XVI-lea. Cantitatea de material faptic acumulat a făcut necesară și posibilă precizarea noțiunii de specie în sens de categorie.

În 1686, John Ray în *Historia plantarum* introduce pentru prima dată noțiunea de *specie* și încearcă să dea o primă definiție a acestei categorii, relevînd unele trăsături caracteristice ale ei. El înțelege prin specie *grupe, totalități* de organisme asemănătoare între ele, care se înmulțesc între ele și dau descendenți asemănători cu părinții. În felul acesta, Ray reușește să evidențieze unele caracteristici ale speciei: caracterul de grup, constînd dintr-un număr de indivizi; capacitatea de înmulțire, de sine stătătoare, a grupului; asemănarea morfologică și fiziologică a organismelor aparținînd unei specii.

Ray, la fel ca majoritatea biologilor din acea epocă, era fixist și creaționist. Observînd faptul că indivizii aparținînd aceleiași specii nu sînt identici, că ei se pot modifica în urma schimbării condițiilor mediului, el considera că variațiile sînt abateri întîmplătoare de la tipul speciei și nu depășesc limitele speciei.[1]

Concepția lui K. Linné reprezintă momentul culminant al acestei perioade dominată de fixism și creaționism. Linné considera că toate speciile au fost create de Dumnezeu. În privința varietăților, prin care se înțelegeau grupări inferioare speciei, Linné era de părere că sînt rezultatul întîmplător al influenței diferitelor condiții ale mediului. Genurile, ca și alte unități superioare speciilor, reprezintă grupări de specii, făcute de oameni, deci sînt produse ale minții omenești.

Din concepția lui Linné rezultă cîteva idei esențiale. În primul rînd este vorba de *universalitatea speciei*, constînd în faptul că orice ființă face parte dintr-o specie și deci speciile cuprind tot ce este viu. Este, de fapt, o primă schiță a ideii despre specie ca nivel de organizare a vieții. *Realitatea speciei* este o altă trăsătură importantă care, oricît de paradoxal ar părea, rezultă în mod direct din întreaga concepție creaționistă: speciile, fiind create de Dumnezeu, reprezintă niște realități obiective. Un rezultat al concepției fixiste a fost ideea *stabilității speciilor*. Aceasta

[1] J. Ray admitea că în unele împrejurări poate avea loc și așa-numita *transmutație* a speciilor, adică transformarea unei specii în alta, dar exemplele citate de el nu sînt reale și nici verosimile.

este o trăsătură reală, dar fixiştii au absolutizat-o, considerînd că speciile sînt entităţi imuabile.[1]

În biologia actuală, concepţia despre specie elaborată în perioada Ray—Linné este denumită *concepţia tipologică* a speciei. Rădăcinile filozofice ale acestei concepţii sînt mai ales în ideile lui Platon. În domeniul biologiei, concepţia tipologică derivă direct din creaţionism, din credinţa că Dumnezeu a creat la început „tipul" fiecărei specii, idee formulată foarte limpede încă de Ray, care considera că plantele unei specii păstrează pentru totdeauna caracterul speciei date, deoarece toate descind din sămînţa aceleiaşi plante, creată iniţial. Variaţiile individuale, ca şi varietăţile, nu sînt decît abateri întîmplătoare de la tip, sînt expresii imperfecte ale tipului speciei date.

Apariţia evoluţionismului a adus puncte de vedere noi în problema speciei.

Buffon (1707—1788), precursorul evoluţionismului şi contemporan cu Linné, opunîndu-se concepţiei fixiste scoate în evidenţă ideea transformării speciilor sub influenţa directă a condiţiilor de viaţă (hrana, clima, dresajul etc.). Transformarea este concepută ca fiind un proces continuu de trecere treptată, insesizabilă, de la o specie la alta. În felul acesta, exagerîndu-se aspectul cantitativ al procesului, se ajunge la concluzia, contrar faptelor cunoscute, că între specii nu sînt limite bine definite, iar de aici la ideea că speciile nu sînt realităţi obiective.

J. B. Lamarck (1744—1829), întemeietorul evoluţionismului, prin lucrarea sa *Filozofia zoologiei* (1809), înţelegea prin specie o grupare de indivizi asemănători proveniţi din alţi indivizi asemănători lor, care rămîn neschimbaţi cît timp nu se schimbă condiţiile lor de existenţă. În această definiţie apare o nouă trăsătură a speciei — *componenta temporală* a speciei: specia există în timp, şi anume atîta cît permit condiţiile ei de viaţă. Schimbarea condiţiilor determină modificarea speciei. În concepţia lui Lamarck varietăţile sînt privite ca trepte, momente posibile de trecere de la o specie la alta, interpretare cu totul diferită de cea a fixiştilor.

Lamarck, ca şi precursorii evoluţionismului, concepea transformarea speciilor ca un proces lent, continuu, implicînd existenţa tuturor treptelor de tranziţie între o specie şi alta. Faptul că în natură aceste tranziţii nu se găsesc s-ar explica prin ignoranţa noastră, prin cunoaşterea insuficientă a speciilor. O asemenea concepţie, elaborată evident în opoziţie cu fixismul, respingînd discontinuitatea speciilor absolutizată de fixişti, a ridicat şi în faţa lui Lamarck problema realităţii speciilor.

Diferiţi autori interpretează diferit poziţia lui Lamarck în această problemă importantă. Unii autori (L. Cuénot, E. Mayr şi alţii) sînt de părere că Lamarck neagă existenţa reală a speciilor şi recunoaşte doar existenţa indivizilor. Alţi autori (V. Komarov) consideră, din contră, că Lamarck tratează speciile ca realităţi obiective.

Ideile unui om de ştiinţă şi oricărui gînditor trebuie apreciate nu doar prin comparaţie cu nivelul nostru actual al cunoştinţelor, ci şi prin

[1] În lucrări ulterioare, din ultimele 2—3 decenii ale vieţii sale, Linné a făcut concesii importante faţă de transformism, admiţînd într-o serie de cazuri posibilitatea transformării unor specii în altele.

prisma istorică a cunoştinţelor epocii sale, a concepţiilor acelei epoci. Dacă ţinem seama de faptul că în timpul lui Lamarck domina concepţia fixistă împotriva căreia el trebuia să lupte, înţelegem modul exagerat în care accentua, atît el cît şi alţi evoluţionişti (inclusiv D a r w i n), caracterul cantitativ (lent, treptat) al transformării speciilor, încercînd astfel să contracareze ideea fixităţii şi a discontinuităţii absolute a speciilor.

Realitatea speciilor era înţeleasă diferit de către fixişti şi de către evoluţionişti; primii o înţelegeau ca o realitate imuabilă, încremenită, care nu se schimbă şi nu se poate schimba, fiind opera creatorului. După cum s-a arătat mai înainte, realitatea speciei era în această concepţie indisolubil legată de ideea creaţiei divine. În aceste condiţii, abordarea problemei realităţii speciei de pe poziţii evoluţioniste era o chestiune delicată, chiar riscantă. Afirmarea directă a existenţei reale a speciilor putea fi interpretată ca o concesie faţă de fixism şi creaţionism. Iată de ce în *Filozofia zoologiei* găsim numeroase pasaje în care Lamarck neagă explicit realitatea speciilor. Dar, din întregul spirit al lucrării, rezultă limpede că el neagă realitatea speciei în accepţia ei fixistă. Aceasta rezultă limpede şi din faptul că în numeroase alte pasaje el accentuează cu insistenţă că nu există specii *permanente*, constante. Nu vom reproduce decît un citat. Arătînd greutăţile pe care le întîmpină naturaliştii în determinarea unor forme ca specii sau ca varietăţi (argument în sprijinul existenţei formelor de tranziţie), Lamarck arată că aceasta se întîmplă deoarece... „naturaliştii nu şi-au dat seama de faptul că în realitate speciile au doar o constanţă relativă, determinată de condiţiile mediului" (*Filozofia zoologiei,* p. 227).

Apariţia concepţiei evoluţioniste a lui Ch. D a r w i n (1859) a pus capăt definitiv dominaţiei fixismului şi creaţionismului în biologie şi a rezolvat unele contradicţii importante ale lamarckismului. O serie de aspecte esenţiale ale problemei speciei au apărut într-o lumină nouă.

Darwin demonstrează că speciile se nasc şi se transformă datorită acţiunii continue a selecţiei naturale. Procesul de transformare al speciilor este, deci, un proces de adaptare. Necesitatea adaptării prin selecţie determină caracterul divergent al evoluţiei şi de aici creşterea diversităţii speciilor şi, în general, a formelor vieţii. În felul acesta este rezolvată contradicţia aparentă între continuitatea şi discontinuitatea speciilor, ca şi problema realităţii speciilor: speciile apar ca formaţiuni temporare, cu stabilitate relativă determinată de relaţiile cu mediul, deci de selecţie.

În felul acesta se evidenţiază conţinutul istoric şi, totodată, ecologic al speciei: orice specie este un rezultat şi un moment al unui proces de adaptare desfăşurat sub acţiunea selecţiei.

De asemenea, Darwin arată că specia nu este omogenă ci în interiorul ei se desfăşoară o largă variabilitate individuală, se formează unităţi subspecifice, denumite pe atunci cu termenul general de *varietăţi*. Varietăţile sînt forme de adaptare ale speciei în funcţie de răspîndirea ei geografică şi, deci, de acţiunea selecţiei în condiţiile locale în care trăiesc reprezentanţii speciei date. În acest fel, varietăţile pot deveni trepte de tranziţie către noi specii, dacă această transformare este impusă de necesităţile adaptării.

După apariţia concepţiei darwiniste, în studiul problemelor speciei se constată o stagnare, atenţia şi eforturile principale ale biologilor fiind

concentrate mai ales spre argumentarea procesului evoluției, spre lămurirea filogeniei grupurilor mari de viețuitoare, prin cercetări de morfologie, embriologie, histologie etc.

Apariția și dezvoltarea geneticii și apoi a ecologiei au trezit un nou interes pentru problema speciei, relevînd noi și importante aspecte ale acestui fenomen biologic.

Începutul cercetărilor de genetică de la sfîrșitul secolului trecut și începutul secolului nostru se părea că vine în contradicție ireductibilă cu darwinismul, ceea ce a provocat o profundă criză în concepția privind originea speciilor.

Botanistul olandez H u g o d e V r i e s, cercetînd plante din genul *Oenothera,* a constatat apariția unor variații bruște ce afectau diferite caractere ale plantelor, care erau ereditare și pe care H. de Vries le-a denumit *mutații*. Formele apărute prin aceste mutații mari erau considerate drept noi specii, iar concluzia botanistului a fost că speciile nu apar treptat, prin variații continui, sub acțiunea selecției, cum susținea teoria darwinistă.

Teoria mutaționistă a lui H. de Vries atribuia selecției cel mult doar un rol de triaj, de ciur, prin care se elimină mutațiile nepotrivite. Selecția, în felul acesta, nu mai are un rol important nici în explicarea apariției speciilor, nici în aceea a adaptării.

Concluziile lui H. de Vries, în esență antidarwiniste, păreau a fi confirmate pe două direcții diferite. În 1900 au fost redescoperite *legile lui Mendel,* care arătau că ereditatea are caracter corpuscular, că variațiile ereditare (esențiale pentru evoluție) au un caracter discontinuu. Cam în aceeași perioadă apar rezultatele cercetărilor lui J o h a n n s e n. Ele arătau că în linii pure de fasole selecția era ineficientă.

Cercetările menționate, cu caracter experimental cît se poate de riguros, puneau sub semnul întrebării întreaga concepție darwinistă privind specia și mecanismul apariției și evoluției ei.

Treptat, dezvoltarea cercetărilor de genetică a permis pe de o parte relevarea lipsurilor teoriei darwiniste și greșelile celei mutaționiste, iar pe de altă parte a deschis calea integrării datelor genetice în concepția evoluționistă a lui Darwin.

Astfel, s-a arătat că variațiile bruște observate de către H. d e V r i e s la *Oenothera* nu sînt mutații ci rezultat al segregării caracterelor la niște forme de natură hibridă și al structurii particulare a garniturii cromozomice.

Școala de genetică a lui T h. M o r g a n și dezvoltarea de mai tîrziu a acestui domeniu au arătat că mutațiile sînt răspîndite în populații naturale, că ele pot fi provocate artificial și că în majoritatea covîrșitoare a cazurilor (vezi *Capit. 3.5*) ele reprezintă variații ereditare mici, adesea greu sesizabile și chiar neaparente. Ele reprezintă de fapt ceea ce cuprindea D a r w i n în noțiunea de variații nedefinite. S-a arătat, de asemenea, că experiențele lui J o h a n n s e n făcute pe fasole, o plantă autogamă, supusă în culturi, timp de secole, unei îndelungate selecții inconștiente, nu sînt deloc concludente cu privire la ineficiența selecției în linii pure.

Lipsa teoriei darwiniste, lipsă inerentă epocii în care a fost formulată, constă mai ales în faptul că D a r w i n nu cunoștea mecanismele

celulare și, desigur, nici pe cele moleculare ale eredității, ceea ce l-a făcut să susțină caracterul continuu al variațiilor ereditare. Dacă la aceasta adăugăm faptul că D a r w i n se baza pe observarea comportamentului caracterelor fenotipice, iar adepții teoriei mutaționiste se adresau genotipului și că nu se știa nimic despre mecanismul foarte complex al legăturii dintre structura genotipului și fenotip, putem înțelege de ce cercetările experimentale s-au situat pe o poziție ce părea ireductibilă, față de darwinism.

Dacă teoria mutaționistă a lui H. d e V r i e s, ca și concluziile lui J o h a n n s e n, au fost părăsite, dezvoltarea geneticii a demonstrat că factorii ereditari, reprezentați prin *gene,* sînt discontinui și că la baza procesului evoluției sînt mutațiile acestor gene și ele reprezintă materialul de bază asupra căruia lucrează selecția.

În felul acesta genetica a fost treptat integrată în darwinism, oferind o bază materială obiectivă și nouă pentru studiul speciației. Valoarea acestui aport a crescut considerabil cînd o serie de savanți (J. B. S. H a l d a n e, R. A. F i s h e r, S. W r i g h t, S. C e t v e r i k o v) au arătat că rezultatele geneticii în studiul variabilității se pretează la prelucrarea matematică, permițînd abordarea cantitativă a studiului evoluției, crearea de modele matematice ale acestui proces, punînd bazele studiului *geneticii populațiilor.*

Genetica populațiilor a arătat că specia este un complex de forme intraspecifice mărunte, ereditare. Cercetările ecologice la rîndul lor au dus la descoperirea unor componente infraspecifice, ca rase ecologice, rase sezoniere, rase fiziologice (în cazul speciilor parazite). În felul acesta, treptat, se conturează un conținut nou al noțiunii de specie, care reflectă mai corect realitatea: specia apare ca *unitară* din punct de vedere geografic (posedă un areal), morfologic, fiziologic (reprezentanții speciei din diferite subunități se pot încrucișa între ei), genetic (existența unui patrimoniu genetic comun), ecologic, dar, totodată, ca avînd o structură *complexă,* ea fiind alcătuită din forme infraspecifice geografice, ecologice, genetice.

În ultimele decenii, cercetarea speciilor sub aspectul structurii lor și a mecanismelor de evoluție a fenomenelor intraspecifice este tot mai aprofundată, trecîndu-se la cercetări experimentale în vederea stabilirii relațiilor dintre populațiile conspecifice sau alte forme din interiorul speciei. Se fac analize hibridologice la o serie de specii de plante, iar pentru definirea și delimitarea speciilor sînt folosite criterii tot mai variate: pe lîngă criteriile geografic, morfologic, ecologic se aplică criteriile cariologic, biochimic, genetic, fiziologic. S-a dovedit că nici unul din aceste criterii, luat izolat, nu poate fi valabil.

În ultimele decenii, datorită în special lucrărilor lui J. H u x l e y, E. M a y r și a altor biologi, s-a dezvoltat concepția biologică despre specie. Aceasta afirmă că speciile sînt realități obiective care pot fi descrise prin parametrii statistici ai populației componente. Realitatea speciilor este urmare a faptului că fiecare specie reprezintă o *comunitate reproductivă, ecologică* și *genetică.*

Concepția despre specia biologică, admisă de numeroși biologi actuali, pune pe primul plan și chiar tinde să absolutizeze criteriul izolării reproductive, fapt care rezultă din definiția speciei prin care E. M a y r

(1969) sintetizează esența acestui punct de vedere. „Speciile reprezintă grupări de populații naturale care se pot încrucișa și care sînt izolate reproductiv de alte asemenea grupări".[1]

Deși acceptată de numeroși biologi, această definiție are unele deficiențe importante. Astfel, ea exclude din noțiunea de specie toate speciile uniparentale (speciile care se reproduc apomictic sau partenogenetic). În felul acesta, este negat însăși statutul de specie pentru formele uniparentale și, deci, existența obiectivă a unor asemenea specii, deși numeroase fapte (vezi *Capit.* 5.2) demonstrează contrariul.

Pe lîngă aceasta, definiția dată nu este aplicabilă în cazurile în care nu se poate testa izolarea reproductivă ca, de pildă, la formele fosile, în multe cazuri de forme insulare etc.

După cum menționează K. Zavadski (1969), această definiție are caracter practic, utilitar, oferind un criteriu destul de comod pentru delimitarea speciilor dar nu pătrunde în esența speciei ca fenomen biologic, independent de criteriile practice ale sistematicienilor.

În sfîrșit, mai trebuie menționat un aspect al definiției analizate, care arată caracterul neconsecvent al autorului ei în aplicarea gîndirii populaționale. Momentul esențial al acestei gîndiri este ideea că obiectul evoluției și al selecției este populația sau specia. Ori, rostul selecției, principala forță motrică a evoluției, nu este nici izolarea reproductivă și nici speciația, ci adaptarea. Dacă izolarea reproductivă este utilă ea poate să se producă, ca dealtfel și speciația. Dar adaptarea nu implică în mod necesar nici una nici alta. Mai mult, dacă de fiecare dată în speciație s-ar produce izolarea reproductivă, aceasta ar închide o cale importantă a evoluției și a speciației, transformarea speciilor prin hibridizare.

K. M. Zavadski (1969), după o analiză atentă a trăsăturilor caracteristice și a structurii speciei, dă o definiție ce-i drept greoaie, după cum menționează însăși autorul ei, dar care reflectă mai adînc conținutul esențial al fenomenului speciei:

„Specia reprezintă una din formele fundamentale de existență a vieții, un nivel supraindividual deosebit de organizare a materiei vii; fiind un sistem determinat statistic și totodată cîmpul de acțiune al selecției naturale, specia dispune atît de capacitatea de a se autoreproduce și a exista vreme îndelungată și nedefinită, cît și de capacitatea de a evolua de sine stătător; ea reprezintă purtătorul și unitatea fundamentală a procesului evolutiv. Specia este lăuntric contradictorie: în calitate de rezultat al evoluției ea se găsește într-o stare relativ stabilă, este calitativ definită, integră, adaptată la mediul respectiv, constantă, delimitată de celelalte grupări (discontinuă), pe cînd în calitate de punct nodal și purtător activ al evoluției ea este mai puțin definită, are un caracter compus, este instabilă, maleabilă și are limite imprecise".

---

[1] Concepția se numește *biologică,* după cum arată E. Mayr (1969), nu pentru că are de-a face cu taxoni biologici ci pentru că însăși definiția speciei rezultată din această concepție, bazată pe criteriul structurii populaționale a speciilor și pe izolarea reproductivă a lor, este biologică, în sensul că nu poate fi aplicată fenomenelor naturii lipsită de viață.

6.2. STRUCTURA SPECIEI

Specia, ca sistem biologic *supraindividual,* are o anumită organizare, deci o anumită structură și îndeplinește anumite funcții în biocenoza în care este reprezentată. Ca orice sistem biologic, specia posedă o heterogenitate concretizată în polimorfismul ei, în faptul că în interiorul speciei sînt diferențiate diferite grupări infraspecifice. Semnificația biologică a acestor grupări constă în creșterea posibilităților de valorificare a condițiilor de viață, a răspîndirii speciei, a dezvoltării unor anumite relații intraspecifice, a creșterii capacităților adaptative.

Diversitatea, heterogenitatea infraspecifică, apare sub două forme esențiale: pe de o parte este diversitatea grupelor legată de apariția și dezvoltarea unor bariere de naturi diferite (geografice, ecologice, etologice, fiziologice, genetice etc.), bariere care împiedică mai mult sau mai puțin amestecul sau încrucișarea între grupele diferențiate. Această diversitate face ca specia să fie *politipică* (vezi *Capit. 6.3*). Pe de altă parte, este diversitatea, heterogenitatea în însăși structura unităților, grupărilor intraspecifice, în care caz însă între părțile structurale nu există asemenea bariere.

Prima formă reprezintă, de fapt, structura speciei în ansamblul său. Ea este rezultatul, după cum s-a mai arătat, a diferențierii divergente a unor grupări infraspecifice, care a mers atît de departe încît adesea aceste grupări, relativ izolate în timp și spațiu prin bariere de diferite naturi, se dovedesc capabile de existență de sine stătătoare. Problema numărului, ierarhiei, echivalenței și semnificației evolutive a acestor grupări — unele avînd valoarea de taxoni — este înțeleasă și soluționată în mod diferit de diferiții biologi. Au fost descrise numeroase asemenea unități la plante și animale, sub denumiri diferite și neechivalente între ele (varietate, morfă, natio, aberație, rasă geografică, rasă ecologică, subspecie, formă ecologică etc.).

Sintetizînd discuția acestei probleme, K. M. Zavadski consideră următoarele șapte trepte în cadrul nivelului speciei:

1 — *semispecia* — o rasă pe deplin formată, care aproape a atins starea de „specie tînără";
2 — *subspecia* — rasă geografică sau rasă ecologică regională;
3 — *ecotipul* — rasă ecologică locală;
4 — *populația locală* — unitatea fundamentală în alcătuirea speciei;
5 — *ecoelementul;*
6 — *grupul morfobiologic;*
7 — *biotipul.*

Ultimele trei unități (*5, 6, 7*) sînt elemente componente ale populației.

Aceste unități (indiferent dacă sînt acceptate toate, numai unele sau sînt înlocuite prin altele) reprezintă, începînd de la biotip pînă la semispecie, trepte, momente de diferențiere tot mai avansată a diferitelor grupări infraspecifice, trepte în izolarea treptată și crescîndă a grupărilor, în realizarea capacității de existență și evoluție de sine stătătoare. Acest proces de diferențiere este rezultatul radiației adaptative, a tendinței de răspîndire, de ocupare de noi teritorii, urmată în mod necesar de adaptare la noile condiții. Acest proces începe în cadrul însăși al populației.

Dar la unitățile infrapopulaționale, tendințele divergente sînt slab pronunțate și predomină procesele de integrare ale acestor grupări în cadrul populației din care fac parte. Într-adevăr, capacitățile genetice ale acestor grupuri sînt prea restrînse, prea rigide spre a face față timp îndelungat solicitărilor mediului; potențele lor ecologice, numărul relativ mic de indivizi nu le permit să ocupe și să utilizeze în mod eficient un loc potrivit în economia biocenozei, nu le permit să facă față concurenței cu alte specii și, deci, nu le permit să persiste de sine stătător mai mult timp. De aceea ele nu pot exista de obicei decît integrate într-o populație, în cadrul căreia mărginirea genetică și ecologică a fiecăreia sînt compensate prin însușirile reciproce. Existența acestei diversități intrapopulaționale este un proces legic și necesar, prezentînd importante avantaje selective. Această problemă va fi analizată în cadrul polimorfismului (vezi *Capit. 6.3.3.).*

În ierarhia unităților infraspecifice, populația locală ocupă locul central deoarece este prima unitate (grupare) la care se realizează pe deplin capacitatea de existență de sine stătătoare timp nedefinit, ca și capacitatea de evoluție. Din această cauză *populația reprezintă singura formă de existență obligatorie a oricărei specii.* Uneori, populația se confundă cu însăși specia dată, cînd aceasta este redusă la o populație unică (unele specii insulare etc.). Unitățile suprapopulaționale — subspecii, rase etc. nu sînt obligatorii în structura fiecărei specii, iar atunci cînd există pot fi formate din una sau mai multe populații. Toate unitățile suprapopulaționale reprezintă trepte de diferențiere infraspecifică, de radiație adaptativă și mai avansate decît populația, deci și ele pot exista de sine stătător timp nedefinit.

Una din caracteristicile importante ale tuturor unităților infraspecifice este faptul că indivizii aparținînd la unități diferite se pot încrucișa liber între ei, dînd urmași cu fertilitate normală (excepție fac semispeciile).

Consecința acestei trăsături este faptul că unitățile infraspecifice, capabile de existență de sine stătătoare (deci populațiile și formele suprapopulaționale), de regulă nu pot coexista pe același teritoriu, adică sînt *alopatrice.* Coexistența simultană pe același teritoriu ar duce la contopirea lor datorită încrucișărilor libere. În unele cazuri doar, rasele ecologice locale (ecotipurile) pot coexista pe un teritoriu, fiind izolate însă prin diverse bariere ecologice. Din contră, unitățile infrapopulaționale nu pot exista decît împreună, în cadrul populației, deci pe același teritoriu. Ele sînt *simpatrice.*

Examinarea structurii speciei arată că, într-adevăr, populația ocupă o poziție aparte în ierarhia unităților infraspecifice, reprezintă punctul nodal în procesul diferențierii crescînde a acestor unități și, de aceea, ea va fi examinată separat.

6.3. POPULAȚIA

6.3.1. DEFINIREA POPULAȚIEI

După cum s-a arătat cu ocazia analizei structurii speciei, în procesul diferențierii crescînde a formelor infraspecifice populația reprezintă prima treaptă pe care se realizează deplin capacitatea de existență, evo-

luție și de adaptare a speciei. Deci *populația* poate fi definită ca *„forma de existență a speciei, posedînd toate condițiile necesare existenței și dezvoltării de sine stătătoare timp nelimitat și, totodată, capabilă de a reacționa adaptativ față de modificările mediului extern“* (S. S. Svarț, 1969).

Privite din punct de vedere sistemic, aceste însușiri arată că populația este un sistem biologic, reprezentînd în evoluția sistemelor intraspecifice prima treaptă la care se realizează deplin capacitatea de autocontrol a parametrilor săi esențiali (numărul, structura, funcționarea în cadrul biocenozei).

De ce atunci aceste însușiri nu pot fi realizate de unitățile infrapopulaționale, în mod satisfăcător, spre a le asigura o existență și dezvoltare de sine stătătoare? După cum s-a arătat în primul capitol, un sistem cibernetic nu poate funcționa dacă toate elementele lui componente sînt identice. Deoarece cantitatea de informație cuprinsă într-un sistem este în funcție de heterogenitatea sistemului, înseamnă că în cazul cînd toate elementele componente ale sistemului sînt identice această cantitate este nulă, iar sistemul încetează de a mai funcționa, încetează să existe ca atare. De pildă, dacă toți indivizii unei populații ar fi identici între ei, selecția nu ar mai putea acționa, ar înceta orice proces de evoluție, de transformare a populației.

Pentru ca populația să poată funcționa ca un sistem autoreglabil și, deci, să se poată modifica sub acțiunea selecției, adaptîndu-se la condițiile schimbătoare ale mediului, ea trebuie să aibă *un anumit grad de heterogenitate,* de diversitate care să permită o anumită organizare internă a ei. Unitățile infrapopulaționale sînt de obicei mult prea omogene din punct de vedere genotipic și fenotipic, mult prea limitate ca posibilități de funcționare și, de aceea, nu pot exista de sine stătător vreme îndelungată. Gradul necesar de organizare care permite existența de sine stătătoare nedefinită, în condițiile schimbătoare ale mediului extern, este realizat doar de populație ca întreg.

De pe aceste poziții definițiile sumative ale populației (definiții care privesc populația ca o unitate aditivă, ca totalitate de organisme populînd un teritoriu) sînt insuficiente și incorecte; le scapă aspectul esențial, integralitatea populației, însușirile populației ca întreg, însușiri ce nu pot fi reduse la suma însușirilor părților.

6.3.2. GENEZA POPULAȚIILOR LOCALE

Este un proces de mare importanță pentru evoluție. Este vorba de geneza unui sistem autoreglabil, supraindividual. În mod obișnuit o nouă populație locală ia naștere din unul sau mai mulți indivizi ai unei populații preexistente și care, printr-un mijloc oarecare (migrație activă sau pasivă), a ajuns pe un nou teritoriu, într-un biotop și o biocenoză mai mult sau mai puțin diferite de cele inițiale.

Proximitatea spațială a indivizilor „fondatori“ face ca încrucișările să se producă mai ales între ei. Chiar dacă acești „fondatori“ nu sînt complet izolați de populația de origine, schimbul de gene cu aceasta din urmă apare mult slăbit. De multe ori însă „fondatorii“ apar dintr-o dată și complet izolați de grupul de origine.

Formarea de noi populații este un proces legic prin care specia se extinde, cucerește noi teritorii și se adaptează la noi condiții.

Pentru ca să se formeze o nouă populație nu este suficientă doar capacitatea organismelor de a migra, de a ajunge pe un nou teritoriu. Organismele respective trebuie să aibă și capacitatea de a găsi biotopul potrivit în care să se poată menține și înmulți. La plante și la animale aceste două capacități sînt dezvoltate diferit. Adesea plantele se pot răspîndi mai ușor (prin mijloace pasive), dar fiind lipsite de mobilitate își pot găsi mai greu biotopul potrivit, fiind silite să crească acolo unde au nimerit întîmplător semințele. Animalele adesea se pot răspîndi mai greu, dar posedînd de obicei mai multă mobilitate își pot căuta activ condițiile potrivite.

În noul loc, organismele sînt supuse acțiunii unui întreg complex nou de factori abiotici și biologici, care influențează asupra lor în mod diferit, față de factorii în care există populația de origine. De aceea, succesul noului grup și, deci, formarea noii populații va depinde în bună măsură și de constituția genetică a indivizilor fondatori, deci de capacitatea genotipului lor de a face față combinației noi de factori ai mediului.

După cum s-a mai subliniat, genotipul unui individ cuprinde o parte importantă a informației genetice a populației căreia îi aparține, dar nici pe departe nu o cuprinde toată. „Fondatorii" unei noi populații ajunși în noi condiții, dintr-o dată apar, din punct de vedere genetic, „închiși" și succesul lor viitor va depinde de relațiile care se creează între genotipul lor și noul mediu în care au ajuns.

La început, noul grup se va asemăna mai mult cu o agregare de indivizi. Populația, în sensul propriu al acestui termen, se va constitui treptat, prin transformarea, sub acțiunea selecției, a agregatului de indivizi într-un sistem organizat și autoreglat. Aceasta se produce prin creșterea numărului indivizilor, prin constituirea și stabilizarea unei anumite constituții genetice, a unei anumite structuri a noii populații, a unor anumite relații intrapopulaționale.

Pornind de la un material genetic mai mult sau mai puțin diferit de cel al populației de origine, supus unei selecții a cărei presiune și sens sînt și ele diferite datorită noului complex de factori, noua populație va dobîndi trăsături structurale și funcționale noi, caracteristice ei, deosebite de ale populației inițiale.

O obiecție care se ridică în fața unui asemenea proces de geneză a unei noi populații este legată de ideea că consangvinizarea, inevitabilă în asemenea împrejurări, ar duce la slăbirea viabilității grupului și ar pune sub semnul întrebării succesul lui.

Dar, după cum subliniază E. Mayr, încrucișarea îndeaproape înrudită duce la scăderea variabilității, mult mai puțin decît s-ar putea aștepta și nu este neapărat dăunătoare. Numeroase fapte pledează în favoarea acestei afirmații.

Un exemplu elocvent îl constituie numeroase specii de animale introduse, de exemplu, în Noua Zeelandă. Fiecare specie introdusă reprezintă descendența a cîtorva indivizi aduși în insulă. Cu toate acestea, ele s-au dovedit a fi foarte prospere. În această situație sînt, de pildă, albina europeană, fazanul, lebăda neagră, multe alte păsări, iepurele de casă, opossum tasmanian, cerbul și multe insecte introduse în Noua Zeelandă.

În aceeași ordine de idei se pot cita multe cazuri cînd populații foarte mici persistă și prosperă timp foarte îndelungat. De pildă, se cunosc specii de pești trăind în izvoare situate în deșerturi, avînd populații constituite din mai puțin de 100 indivizi și care, totuși, se mențin de zeci de mii de ani. În parcul castelului Chillingham (Northumberland — Anglia) există o turmă de vite care număra pînă nu de mult circa 60 de capete, și care persistă acolo de 700 ani. Recent (1956) numărul animalelor a scăzut la 19 și numai în ultima vreme au apărut indicii ale unei depresiuni cauzate de consangvinizare. Se consideră că toate exemplarele de hîrciog auriu *(Mesocricetus auratus)*, întreținute în nenumărate laboratoare, provin de la o singură femelă gestantă.

Menținerea variabilității genetice în populații a fost verificată și demonstrată și pe cale experimentală. Cercetări minuțioase arată că în genotipul chiar al unui singur organism diploid variabilitatea genotipică este foarte mare (vezi *Capit. 3*).

Aceste fapte arată că numărul, de obicei mic, al „fondatorilor" unei populații nu reprezintă o piedică din punct de vedere genetic, dar el este important în determinarea viitoarei structuri genetice a populației și a tuturor trăsăturilor ei particulare.

6.3.3. STRUCTURA POPULAȚIEI

Ca orice sistem organizat, populația se caracterizează prin anumite trăsături structurale. Organismele aparținînd unei populații nu sînt identice între ele. Astfel, se pot distinge diferite categorii de indivizi după sex, după vîrstă sau dimensiuni. Deci, putem vorbi de structura pe sexe a populațiilor (cuprinzînd, de pildă, proporțiile dintre sexe și dinamica acestor proporții în funcție de diferiți factori), de structura pe vîrste sau dimensiuni. Dar, chiar în interiorul fiecăreia din aceste categorii se pot distinge grupări mai mărunte care, trăind în condiții diferite, se deosebesc din punct de vedere morfologic (proporțiile corpului, colorit etc.), din punct de vedere al vitezei de creștere, de dezvoltare, al nutriției, al prolificității etc. Asemenea deosebiri le constatăm chiar dacă fondul genetic al grupărilor este comun. Ele sînt de natură fenotipică, se formează, deci, sub influența condițiilor concrete ale mediului și influențează asupra activității populației, a ritmurilor ei, a fenologiei, a dinamicii.

Diversitatea organismelor într-o populație apare și mai mare dacă ne referim la aspectul ei genetic. Populațiile naturale au totdeauna un pronunțat grad de heterozigoție. Concluzia care se desprinde este aceea că populațiile naturale nu sînt niciodată monomorfe ci, totdeauna, polimorfe.

Polimorfism. Înainte de a analiza semnificația biologică a acestui fenomen, este necesară delimitarea și precizarea unor noțiuni legate de polimorfism.

Termenul de „polimorfism", în sensul său cel mai larg, poate cuprinde întreaga diversitate de forme infraspecifice: diversitatea fenotipică (morfologică sau de altă natură, stadială — legată de stadii sau faze ale dezvoltării individuale, de sezon, de existența „castelor" la insectele coloniale, de variația în timp sau spațiu a condițiilor mediului etc.); ge-

notipică, în care caz diferențierile sînt de natură genetică. Deosebirile pot avea caracter discontinuu (fără treceri între ele) sau continuu. Tot aici poate fi cuprinsă diversitatea unităților din interiorul unei specii, de pildă existența raselor geografice sau a altor unități infraspecifice separate adesea între ele prin bariere izolatoare de diferite naturi.

Evident că polimorfismul înțeles în acest sens cuprinde fenomene calitativ diferite, care nu trebuie confundate între ele. Astfel, în primul rînd trebuie făcută distincția dintre diversitatea unităților infraspecifice (populații, rase, subspecii) și cea a indivizilor sau grupărilor din interiorul unei aceleiași populații. În primul caz este vorba de unități izolate între ele prin diferite bariere (geografice, ecologice, fiziologice etc.). Deosebirile dintre ele se mențin în bună măsură tocmai datorită izolării lor. În acest caz este vorba de *politipism;* o specie formată din mai multe subspecii este politipică. În al doilea caz este vorba de diversitatea intrapopulațională, de existența unor diferențieri între indivizi sau grupări din interiorul unei populații, diferențieri care sînt simpatrice și care se mențin cu toată lipsa barierelor izolatoare.

Pînă nu demult, tocmai acestor fenomene intrapopulaționale li se aplica termenul de *polimorfism,* în sens restrîns. Un examen mai atent face posibilă însă și aici deosebirea a două categorii de fapte: *a)* în unele cazuri deosebirile dintre indivizi sau grupări de indivizi sînt pur fenotipice, datorate diferitelor reacții ale aceluiași genotip. De pildă, deosebirile dintre formele terestre, semiacvatice sau acvatice la unele specii de plante, deosebirile dintre stadiile de dezvoltare individuale, deosebirile dintre castele furnicilor sau ale termitelor care, genetic, sînt de cele mai multe ori identice. Pentru aceste fenomene de natură fenotipică, E. Mayr propune termenul de *polifenism* (1963); diversitatea caracterelor fenotipice poate fi discontinuă (fără tranziții) ca în cazul amintit al castelor la unele insecte (fig. 74), ca în cazul stadiilor de dezvoltare la mai multe animale (stadiile larvare, stadiul de pupă, imago), indivizi sexuați sau partenogenetici, diferite forme sezoniere. Polifenismul poate fi și continuu ca, de pildă, în cazul ciclomorfozei la unele animale de apă dulce; *b)* spre deosebire de aceste fenomene intrapopulaționale, polimorfismul, în sensul strict, cuprinde doar diversitatea intrapopulațională discontinuă, determinată genetic. Determinismul genetic constă în faptul că în interiorul aceleiași populații coexistă alele sau succesiuni de gene, ce diferă la diferiți indivizi (gurpări de indivizi) și a căror expresie fenotipică este discontinuă.

Polimorfismul, în sensul precizat mai sus, a fost studiat și descris la numeroase specii de animale (mamifere, păsări, reptile, pești, crustacei, moluște, insecte).

Cazul cel mai comun îl constituie *polimorfismul sexual:* existența a doi fenotipi (dimorfism) — mascul și femel — deosebiți și discontinui, determinați genetic (fig. 75).

În alte cazuri, polimorfismul se exprimă prin diversitatea discontinuă a unor caractere morfologice ca, de pildă, a coloritului sau a desenului, nelegate de sex. Un exemplu bine studiat în această privință este melcul terestru *Cepaea nemoralis* (fig. 75). Coloritul cochiliei este foarte variabil, de la galben-brun, de diferite nuanțe, pînă la roz, portocaliu

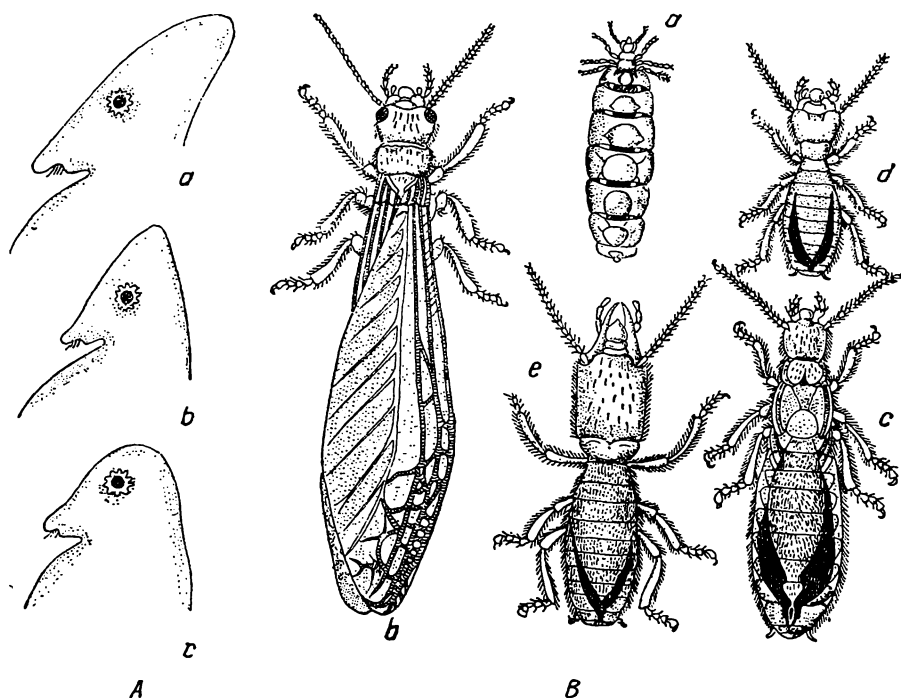


Fig. 74. Polifenism: *A* — ciclomorfoza la *Daphnia cucullata:*
a — forma de vară; *b* — forma de toamnă; *c* — forma de iarnă;
B — diversitatea indiviziior la *Termes lucifugus:*
a — femela care depune ouăle; *b* — individ aripat sexuat; *c* — individ sexuat auxiliar; *d* — lucrător; *e* — soldat (*A* — după L. Cuénot, 1951; *B* — după I. Şmalgausen, 1946).

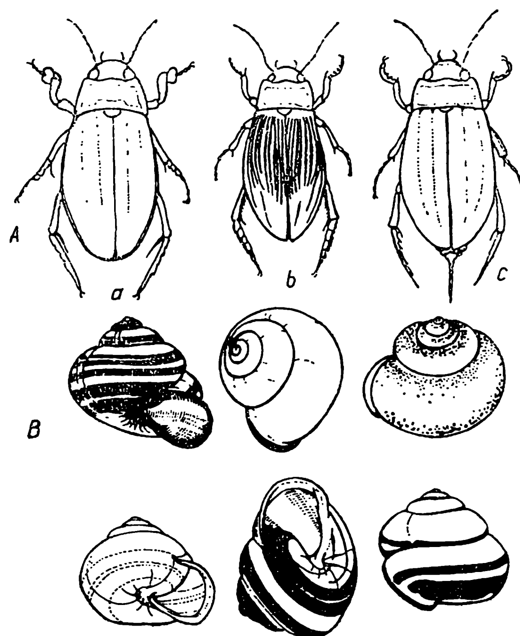


Fig. 75. Polimorfism: *A* — *Dytiscus marginalis:*
a — mascul; *b* şi *c* — două forme de femele.
B — *Cepaea nemoralis* — polimorfismul coloritului şi desenului cochiliei, determinat genetic.

sau chiar roșu. Desenul, de asemenea, este variabil: cochilia poate fi fără dungi sau să aibă 1—5 dungi longitudinale. Studiul atent al acestor morfe în Europa arată că frecvența diferitelor morfe în populații variază de la loc la loc, în funcție de natura și coloritul substratului (de pildă al solului, al învelișului vegetal etc.), avînd deci valoare selectivă în relațiile moluștelor cu dușmanii.

Fenomene de aceeași natură au fost descrise la reptile. De pildă, la șarpele *Natrix sipedon* din America de Nord au fost descrise patru morfe, deosebite prin desen: de la lipsa totală a dungilor, pînă la dungi foarte pronunțate. La specia *N. natrix,* din insulele Letea și Caraorman din Delta Dunării, există două morfe, deosebite prin colorit și desen: una cenușie, alta aproape neagră.

La unele grupe de animale (păsări, insecte etc.) asemenea morfe adesea erau descrise sub numele de varietăți, forme, iar uneori chiar ca specii distincte, deci ca unități sistematice de diferite ranguri. Apare evident că o asemenea tratare a morfelor este greșită din punct de vedere biologic. Ansamblul morfelor unei populații constituie fenomenul de *polimorfism.* Deosebirea dintre polimorfism, în sens restrîns, și diversitatea unităților sistematice infraspecifice se poate face sigur și destul de ușor, după două criterii practice: *a)* în cazul polimorfismului toate morfele unei populații pot apare în descendența unui individ (a unei perechi), deci aceasta implică studiul indivizilor ce apar, de pildă, dintr-o aceeași pontă; *b)* între morfele care în ansamblul lor constituie polimorfismul unei populații, lipsesc bariere izolatoare (geografice, ecologice sau de altă natură).

În toate cazurile menționate, deosebirile dintre diferitele morfe afectează trăsăturile morfologice.

În alte numeroase cazuri polimorfismul nu se manifestă morfologic ci afectează diferite trăsături fiziologice, biochimice sau chiar structura materialului genetic. Un exemplu îl constituie polimorfismul grupelor sanguine, constatat la om și alte mamifere. În unele cazuri polimorfismul afectează doar structura unor cromozomi, restul genotipului, ca și fenotipul, rămînînd neschimbate.

Acest fenomen a fost deosebit de bine studiat la diferite specii de diptere, între care mai ales la unele specii de *Drosophila: D. pseudoobscura, D. willistoni* etc. la care s-a constat prezența unor inversiuni în structura unor cromozomi. Inversiunile creează anumite succesiuni de gene, deosebite de cele „normale". Succesiunile acelorași gene pot avea numeroase variante în interiorul populațiilor. S-a constatat cu această ocazie că proporția diferitelor variante ale inversiunilor variază legic de la o populație la alta și are o valoare selectivă pentru populație în ansamblul ei.

S-ar putea ca această formă de polimorfism, deocamdată studiată la puține specii, să fie cea mai răspîndită.

În funcție de gradul de stabilitate a structurii polimorfe a populației se pot deosebi două feluri de polimorfism: *echilibrat* și de *tranziție.*

Polimorfismul echilibrat. După cum s-a mai spus, în natură nu există populații monomorfe. Existența diferitelor morfe în interiorul populației asigură un anumit nivel de diversitate, de heterogenitate a populației ca întreg. Acest fenomen este de mare importanță evolutivă: unele morfe sînt mai bine adaptate la anumite condiții, altele la alte condiții ale mediului. Prin urmare, diversitatea morfelor (polimorfismul) sporește plasticitatea

populației și deschide selecției un cîmp larg de acțiune. Rezultă că proporțiile dintre diferitele morfe într-o populație nu sînt întîmplătoare ci ele reflectă starea de adaptare a populației: anumite proporții sînt cele mai favorabile în anumite condiții ale mediului. Atunci cînd aceste proporții se stabilizează și se mențin din generație în generație, avem de-a face cu polimorfism echilibrat.

Explicația genetică a acestui fenomen constă în aceea că de multe ori indivizii heterozigoți *Aa* sînt avantajați selectiv, deci superiori fiecărui homozigot corespunzător — *AA* și *aa*. Această stare determină păstrarea în populație a ambelor alele. Pe de altă parte, valoarea selectivă a fiecăruia din cei doi homozigoți poate fi diferită, în diferite condiții. Aceasta determină, într-un anumit complex al factorilor mediului, păstrarea alelelor în anumite proporții, deci apariția polimorfismului echilibrat.

Datorită superiorității heterozigoților, în populație se pot menține și acumula alele care, în stare homozigotă, au valoare selectivă scăzută sau care pot da chiar efecte negative, dăunătoare indivizilor și populației. Ele constituie ceea ce poartă numele de *„povară" genetică*. Povara genetică se traduce prin mortalitatea sporită în cadrul unor categorii de indivizi (în raport cu altele) și, vorbind figurat, reprezintă „tributul" plătit de populație pentru supraviețuire în anumite condiții ale mediului.

Polimorfismul de tranziție reprezintă trecerea de la o stare de polimorfism echilibrat la alta. Prin urmare, este o modificare orientată a proporțiilor morfelor din interiorul populației. Este, deci, în esență, tocmai procesul de adaptare a unei populații la condiții schimbate ale mediului. Un exemplu elocvent al acestei situații este apariția și răspîndirea melanismului industrial (vezi *Capit. 5.3)* la numeroase specii de lepidoptere.

6.3.4. SEMNIFICAȚIA BIOLOGICĂ A POLIFENISMULUI ȘI POLIMORFISMULUI

Deși de naturi diferite, polifenismul și polimorfismul sînt apropiate din punct de vedere al semnificației lor biologice, ambele reprezentînd expresia diversității intrapopulaționale și, totodată, a integralității populațiilor. Diferențierile care se dezvoltă în interiorul unei populații, între diferitele grupări infrapopulaționale, determină apariția și dezvoltarea unor anumite relații intraspecifice (aici intrapopulaționale), care duc la o mai strînsă dependență reciprocă a lor, deci la sudarea populației ca întreg.

Avantajele selective ale diversității intrapopulaționale constau în general în utilizarea mai bună a resurselor mediului, în slăbirea concurenței intraspecifice, într-o sporire a supleței, a plasticității populației care, doar prin schimbarea proporțiilor dintre diferite categorii de indivizi, fără schimbarea genotipului lor, poate face față unor schimbări ale mediului.

Cîteva exemple vor ilustra cele spuse.

Valoarea adaptativă a polimorfismului fenotipic. Exemplul cel mai elocvent al acestui fenomen îl reprezintă divergența, sub aspect morfologic, fiziologic, ecologic, comportamental, a stadiilor de dezvoltare individuală la numeroase animale.

La numeroase insecte de pildă, larvele, pupele, adulții, se deosebesc calitativ între ele sub toate aspectele, ceea ce permite o mai largă utilizare a hranei, o slăbire a presiunii dușmanilor, supraviețuirea în anotimpuri

nefavorabile etc. Mai mult, de multe ori chiar larvele, în diferite stadii de dezvoltare, au trăsături morfologice, fiziologice şi comportamentale diferite, sporind astfel avantajele lor selective.

Larvele dipterelor din fam. *Chironomidae,* trăiesc de obicei în apă şi parcurg patru stadii în dezvoltarea lor. La multe specii larve din stadii diferite au un mod de viaţă şi de hrănire diferit, ceea ce lărgeşte mult spectrul lor ecologic şi oferă mai bune posibilităţi de supravieţuire a populaţiei.

Studiul dezvoltării postembrionare a peştilor teleosteeni a arătat că ei parcurg mai multe etape, fiecare fiind caracterizată prin anumite trăsături morfo-fiziologice de comportament şi printr-o anumită hrană.

Dacă ne referim, de pildă, la dezvoltarea plăticii, constatăm că în prima etapă larvele ei se hrănesc din conţinutul sacului vitelin; în următoarele cinci etape peştii trec la hrana cu plancton. În fiecare din aceste etape succesive, peştii trec treptat de la hrana constînd din cele mai mici animale planctonice (rotiferi, unele flagelate coloniale, rizopode etc.) la nauplii de copepode, la mici cladocere, copepode, apoi la cladocere şi copepode mai mari. Abia în etapa a 7-a peştii devin bentofagi, aşa cum sînt şi adulţii. În această etapă puietul de plătică părăseşte apele puţin adînci, locurile unde au fost depuse icrele şi unde au eclozat şi trec în ape mai adînci, cu bentosul mai bogat. Rolul acestei diversităţi intrapopulaţionale este evident: se lărgeşte baza trofică a speciei, creşte eurifagia ei, se evită ascuţirea concurenţei intraspecifice, este slăbită presiunea duşmanilor, devine posibilă menţinerea unei densităţi mai mari a populaţiei pe terenul dat.

Acelaşi fenomen se poate ilustra privind dezvoltarea a multe alte animale. Rezultatul dezvoltării acestui polimorfism fenotipic este, deci, sporirea eficienţei populaţiei (speciei) respective, optimizarea funcţionării sistemului populaţional. Diversitatea (polimorfismul) apare deci ca o adaptare care, evident, nu poate fi realizată decît în toate etapele dezvoltării luate împreună, fiecare etapă, cu trăsăturile ei caracteristice, căpătîndu-şi sensul biologic doar în cadrul acestui întreg.

Aceeaşi semnificaţie are şi polimorfismul fenotipic al numeroaselor plante amfibii *(Sagittaria,* specii de *Polygonum* etc.).

Valoarea adaptativă a polimorfismului genotipic. Polimorfismul s.str., adică determinat genetic, reprezintă una din formele variabilităţii ereditare, caracterizată prin caracterul discontinuu al expresiei fenotipice a diferiţilor genotipi.

În unele cazuri, caracterele fenotipice, corespunzînd diferiţilor genotipi din populaţie, au o valoare selectivă evidentă. În alte cazuri, aceste caractere par a nu avea un rol adaptativ prin ele înşile, şi atunci este mai greu să înţelegem modul de acţiune al selecţiei. În sfîrşit, în unele cazuri diferiţii genotipi nu se manifestă vizibil în fenotip, deşi faptele arată o certă valoare selectivă a lor.

Vom examina cîteva fapte ilustrînd cele trei situaţii.

Un exemplu evident al primei situaţii îl reprezintă populaţiile melcului *Cepaea nemoralis.* ~~Coloritul cochiliei acestui melc variază în limite~~ largi de la gălbui-maroniu, trecînd prin diferite nuanţe, pînă la roşu. Adesea pe cochilie sînt pînă la cinci dungi longitudinale cafenii-închis. Acest colorit şi desen al cochiliei reprezintă expresia fenotipică a unor anumiţi genotipi. Populaţiile de *C. nemoralis* din Europa nu sînt uniforme în pri-

vința acestor caractere. S-a constat că în fiecare populație există anumite proporții între indivizi cu un anumit colorit și desen. S-a observat, de asemenea, că în medii diferite, pe substraturi cu structuri și culori diferite, predomină melcii cu un anumit colorit și desen mai homocrom, cu evident rol protector împotriva dușmanilor. Unul din dușmanii acestor melci este sturzul *(Turdus ericetorum)* care, după ce le sparge cochilia de pietre, le consumă carnea. Examenul atent al melcilor din populația dată și a celor consumați de sturz a arătat următoarele: din 500 melci luați din biotopul lor (o mlaștină) 296 exemplare (59,2%) nu aveau dungi pe cochilie; din 863 cochilii sparte de păsări numai 377 (43,7%) erau fără dungi. Apare limpede că indivizii, avînd cochilia cu dungi, erau (statistic) distruși în proporție mai mare decît cei fără dungi.

Studiul altor populații ale acestei specii a confirmat observațiile, dar a relevat și alte aspecte interesante. Dacă selecția (prin dușmani) acționează mereu într-un sens (eliminarea preponderentă a indivizilor cu un anumit colorit) atunci ar trebui, cel puțin unele populații, să ajungă uniforme, să constea din indivizi cu același colorit, cel mai util pe substratul dat. Or acest lucru nu se întîmplă: toate populațiile studiate sînt heterogene, cuprinzînd mai multe categorii de indivizi în privința coloritului și a desenului. Faptul se explică prin aceea că unele trăsături fiziologice sînt corelate genetic cu desenul și coloritul melcilor. Astfel indivizii fără dungi sînt mai rezistenți la căldură decît cei dungați. Melcii galbeni sînt mai rezistenți la frig decît cei roz. Observațiile de acest gen arată că și factorii abiotici (în acest caz temperatura) au rol selectiv. Prin urmare, în timp ce anumiți factori fizici pot favoriza o categorie de indivizi alți factori — biologici — pot favoriza altă categorie. Rezultă deci limpede că pentru populație coexistența mai multor categorii de indivizi, în anumite proporții, apare a fi cea mai avantajoasă.

Un alt exemplu de aceeași natură se referă la studiul unor populații de șerpi, aparținînd speciei *Natrix sipedon* de pe insulele din partea de vest a lacului Erie (S.U.A.) și de pe malul lacului. S-a constatat că pe insule, unde solul este format din lespezi și prundiș de calcare de culoare deschisă, predomină șerpii fără dungi închise, pe cînd pe malul lacului, mlăștinos, mai puțin uniform, predomină șerpii cu dungi. Factorul de selecție în acest caz îl reprezintă diferiții dușmani ai șerpilor (mai ales păsările și omul), care distrug pe insule în mod preponderent indivizii cu dungi (mai bine vizibili). Faptul că deși presiunea acestui factor al selecției se exercită mereu în același sens (supraviețuirea preferențială a indivizilor de culoare mai deschisă), în populațiile de pe insule apar mereu și indivizi cu dungi fapt ce se explică de data aceasta prin migrări permanente ale șerpilor din zona de mal a lacului, pe insule. Se pare că în acest caz ar fi mai avantajoasă omogenitatea populației insulare de șerpi, adică toată populația să fie de culoare deschisă, care o apără mai bine de dușmani. Această concluzie însă nu este prea sigură. Într-adevăr, dat fiind caracterul relativ al adaptărilor, este foarte posibil că în cazul în care toți șerpii de pe insule ar fi lipsiți de dungi, dușmanii lor naturali (berzele, pescărușii, ulii etc.) să se obișnuiască repede pentru a zări și prinde șerpii de culoare deschisă, făcînd să se piardă avantajul selectiv al acestei homocromii imperfecte. Dacă ținem seama de această capacitate a dușmanilor de a-și perfecționa mijloacele de descoperire a prăzii, apare și în acest

caz utilitatea (pentru populație ca întreg) prezenței și menținerii unei proporții de indivizi dungați, bine vizibili.

A doua categorie o reprezintă cazurile în care variațiile discontinui ale fenotipului, determinate genetic, par a nu avea valoare adaptativă prin ele înșile, ceea ce ridică unele probleme legate de explicarea persistenței acestor caractere.

De pildă, este greu de spus ce valoare selectivă are numărul variabil de pete de pe elitrele diferitelor specii de coccinelide. La peștișorul *Xiphophorus maculatus*, la baza cozii se află o pată a cărei formă — ereditară — variază la diferite categorii de indivizi. Este greu de presupus că aceste variații de amănunt au, prin ele însele, o valoare selectivă.

Explicația acestui fapt pare a fi aceea că unele trăsături fenotipice, indiferente din punct de vedere selectiv (numărul petelor la coccinelide, forma petei la *Xiphophorus*), se păstrează deoarece sînt corelate genetic cu alte trăsături cu valoare selectivă reală. Unele observații confirmă această presupunere. De pildă, multă vreme se considera că răsucirea dextră sau senestră a unor gasteropode este un caracter indiferent. Într-adevăr, se pare că acest caracter, prin el însuși, nu are o valoare selectivă. Dar cercetări făcute pe gasteropodul *Fruticicola lantzi* au arătat că între cele două categorii de melci există deosebiri fiziologice semnificative: au rezistență diferită față de factorii mediului, precum și vitalitate diferită. Deci, un caracter neutru este corelat cu unul avînd rol adaptativ.

În sfîrșit, a treia categorie de fenomene legate de polimorfism s.str. constă în variații genotipice care nu se manifestă prin caractere fenotipice vizibile. Asemenea fenomene au o mare răspîndire în natură, ceea ce indică un important rol al lor în procesul adaptării și al evoluției.

Mai întîi ne vom opri asupra polimorfismului cromozomilor la diferite specii de *Drosophila*. La specia *D.pseudoobscura* din S.U.A., ca de altfel și la alte specii, s-a constatat existența unor inversiuni cromozomice, care se recunosc relativ ușor prin prezența buclei pe cromozomii giganți din glandele salivare ale insectelor. Diferite inversiuni constatate și studiate au căpătat diferite denumiri ca, de pildă, *„Standard"* (ST), *„Chiricahua"* (CH) (după numele unei localități).

Studii făcute asupra populațiilor naturale de *D.pseudoobscura* pe teritoriul S.U.A. au arătat că *proporțiile* dintre inversiuni variază în funcție de condiții climaterice, deci aceste proporții ar avea rol adaptativ și ar fi, deci, controlate de selecție.

Mecanismul acestei acțiuni a fost controlat experimental. La 1 martie 1946 a fost constituită o populație experimentală avînd o constituție genetică cunoscută, în privința inversiunilor, și anume: inversiunea *ST* — 10,7%, iar inversiunea *CH* — 89,3%. Menținută la 25°C, timp de 15 generații, pînă la sfîrșitul anului, populația și-a schimbat treptat proporțiile inversiunilor care, după 10 generații, s-au stabilizat la 70% pentru *ST* și la 30% pentru *CH*. Evident, într-o asemenea populație, datorită încrucișărilor se stabilesc trei tipuri de combinații în privința inversiunilor cromozomice:

ST/CH — heterozigot; *ST/ST* — homozigot și *CH/CH* — homozigot. Stabilirea valorii selective a fiecărei combinații a arătat că această valoare este diferită: 1,001 pentru heterozigotul *ST/CH*, 0,90 pentru *ST/ST* și 0,41 pentru *CH/CH*. Deci, în timp ce heterozigotul are valoare selectivă

maximă, homozigoţii o au mai scăzută şi inegală. Se pune problema de ce selecţia nu duce la eliminarea completă a acestor categorii de inversiuni. Acest lucru nu se produce pentru că, în ultimă instanţă, homozigoţii reprezintă sursa de material genetic din care se alcătuieşte heterozigotul *ST/CH*, cu valoare selectivă maximă.

Proporţiile dintre inversiuni în populaţii variază mai ales în funcţie de temperatură. Se creează, deci, în populaţie un polimorfism echilibrat care, după sezon, altitudine, poziţie geografică, inclină în favoarea unei combinaţii sau a alteia. Apare evident că cel mai favorabil pentru menţinerea populaţiei este *ansamblul* celor trei combinaţii, care conferă populaţiei plasticitatea necesară în condiţii de mediu variabile.

Fenomenul descris are o deosebită semnificaţie biologică. El arată că asemenea populaţii, la care diferite complexe de gene (o inversiune cromozomică cuprinde un complex de gene care se transmit în bloc, reprezentînd de fapt un mecanism prin care se menţin nealterate anumite asocieri de gene) se menţin într-o stare echilibrată, cu o superioritate heterozigotă, nu pot fi privite doar ca o însumare de indivizi genetic independenţi. În asemenea populaţii indivizii cu genotipi de valoare selectivă scăzută, care dau fenotipi inferiori (în cazul populaţiilor analizate — inferiori din punct de vedere fiziologic, al rezistenţei la diferite condiţii) sînt menţinuţi ca avînd o mare valoare pentru populaţie ca întreg, deoarece contribuie cu gene care, combinate fiind cu alelele opuse lor, vor da heterozigoţii superiori. Se constată, aşadar, că *o anumită componenţă genetică a populaţiei în întregul ei reprezintă obiectul selecţiei,* fapt care explică păstrarea în populaţie a unor genotipi cu valoare scăzută.

Această concluzie deschide posibilitatea explicării unui alt fenomen de polimorfism genetic de o şi mai largă generalitate, şi anume este vorba de ceea ce a căpătat denumirea de *„povară genetică"*.

Cercetarea geneticii diferitelor specii şi populaţii ale genului *Drosophila* a arătat că, spre deosebire de populaţiile naturale, care păreau relativ uniforme, populaţiile din culturi dădeau la iveală un mare număr de mutaţii aberante, adesea incompatibile cu existenţa liberă a organismelor. Cercetarea mai atentă a arătat că aceste mutaţii există şi în populaţii naturale dar sînt în stare recesivă. La diferite specii şi populaţii naturale de *Drosophila* 3,3%—12,81% din indivizi au cel puţin un caracter mutant, aflat în stare heterozigotă. Un mare număr din aceste mutaţii dau efecte fiziologice dăunătoare. Astfel, unele dintre ele diminuează vitalitatea organismelor, altele sînt chiar letale în faza de ou, larvă sau pupă. Multe din aceste gene determină diferite grade de sterilitate (cînd ajung în stare homozigotă) sau dau diferite anomalii.

Concluzia unor biologi competenţi (de exemplu, Th. Dobzhansky) este aceea că aproape toţi, sau chiar toţi indivizii de *Drosophila* au cel puţin un cromozom de natură să omoare musca, s-o facă infirmă sau sterilă, dacă cromozomul respectiv ajunge în stare homozigotă (în doză dublă).

Cercetările pe alte animale (de exemplu, pe găini), pe plante şi chiar pe om au arătat că fenomenul este de o largă generalitate. Genotipul organismelor din cele mai diferite specii conţine numeroase gene care sînt dăunătoare, periculoase în stare homozigotă, deci o grea „povară genetică."

Vom analiza un exemplu luat din genetica umană şi care ne sugerează explicaţia generală a acestui fenomen, în aparenţă paradoxal. Este vorba de *anemia falciformă*, o boală ereditară a sîngelui. Omul adult posedă hemoglobina *HbA*, cu globine alcătuite din două lanţuri αA şi βA. Indivizii bolnavi de anemie falciformă posedă o hemoglobină aberantă *HbS diferită* de *HbA*. Boala este determinată de o genă semidominantă *Sk* şi, ca urmare, în sîngele bolnavilor apar hematii deformate: filiforme, alungite, în formă de seceră (fig. 76). În sîngele heterozigoţilor *Sk/A* există ambele hemoglobine, *HbS* şi *HbA*. Hemoglobina anormală *HbS* se deosebeşte de cea normală prin aceea că în lanţul β o moleculă de acid glutamic este înlocuită, datorită mutaţiei produse, prin o moleculă de valină.


Fig. 76. Hematii deformate din cauza anemiei falciforme.

În cazul în care ambii părinţi posedă mutaţia respectivă, deci gena *Sk*, descendenţii lor apar homozigoţi în privinţa acestei gene, deci au *Sk/Sk*. Aceşti homozigoţi mor înainte de a ajunge la maturitate sexuală, deci înainte de a se reproduce.

S-ar putea presupune că o genă atît de periculoasă ar trebui să fie eliminată prin acţiunea îndelungată a selecţiei. Totuşi, se constată că în unele populaţii concentraţia acestei mutaţii ajunge pînă la 40%. Explicaţia acestui fapt, în aparenţă paradoxal, a fost găsită atunci cînd s-a constatat că răspîndirea geografică a acestei mutaţii în diferite continente coincide cu răspîndirea focarelor endemice de malarie în Africa Orientală, India şi chiar în unele părţi ale Europei. Această coincidenţă nu este întîmplătoare ci se datorează faptului că gena *Sk*, în stare heterozigotă, conferă indivizilor respectivi imunitate la malarie, permiţînd supravieţuirea populaţiilor umane în aceste zone.

Prin urmare, mutaţia respectivă se arată a fi periculoasă în stare homozigotă, dar utilă în stare heterozigotă. Deci, din punct de vedere al supravieţuirii populaţiei în zonele periclitate de malarie, apare ca utilă păstrarea în populaţie a unei anumite concentraţii a mutaţiei, deci păstrarea unei anumite heterogenităţi, a cărei valoare optimă, în dependenţă de condiţii locale, permite supravieţuirea populaţiei în zona dată, cu minimum de sacrificii (indivizii homozigoţi). Indivizii homozigoţi, putem spune, reprezintă preţul plătit de populaţie pentru supravieţuirea ei.

Acest exemplu face posibilă explicarea generală a persistenţei genelor ce constituie aşa-numita „povară genetică". Păstrarea acestor gene în stare recesivă în structura genotipului apare utilă ca rezervă mutaţională (ca rezervă a variabilităţii) „strategică", care poate fi mobilizată atunci cînd condiţiile de existenţă a populaţiei o permit; bineînţeles, fiecare populaţie plăteşte un anumit tribut pentru păstrarea acestei „poveri", prin pierderea unui număr de indivizi la care mutaţia apare în stare homozigotă (sau a descendenţilor acestora), dar aceste pierderi sînt pe deplin compensate de utilitatea acestui material „strategic".

Unul din mecanismele preconizate spre a explica modul cum se păstrează în genotip aceste gene este acela al linkajului lor cu alte gene avînd rol selectiv pozitiv. Experiența de mai jos vine în sprijinul acestei ipoteze: pe o populație experimentală de *Drosophila melanogaster* s-a făcut o selecție riguroasă în sensul creșterii numărului perilor pe abdomen, și aceasta timp de 20 de generații. Dar s-a constatat că selecția, în sensul arătat, a determinat și apariția unei sterilități ce se accentua pe măsura creșterii numărului de peri. Aceasta arată că genele respective erau legate între ele (linkaj). Deoarece linia era să se stingă din cauza sterilității tot mai accentuate, selecția a trebuit să fie întreruptă pînă la restabilirea caracterelor normale, după care s-a reluat. De data aceasta însă, nu s-a mai constatat apariția sterilității. Explicația ar consta în aceea că în perioada de slăbire a selecției s-a rupt linkajul (prin procesul de crossing over) între genele ce determină sterilitatea și cele ce determină numărul perilor. În acest fel, selecția reluată nu a mai acționat decît în sensul creșterii numărului perilor.

Problemele tratate privind polimorfismul genetic al populațiilor reprezintă o parte a problemei mai largi — *structura genetică a populațiilor*.

6.3.5. STRUCTURA GENETICĂ A POPULAȚIILOR

Faptele examinate, ca și tot ce se cunoaște despre genetica populațiilor, arată că structura lor genetică este polimorfă și că acest polimorfism reprezintă o importantă adaptare a populațiilor.

Ținînd seama de ideea că selecția acționează numai după principiul utilității, s-ar părea că în mod normal ea ar trebui să elimine din genotipul populațiilor toate mutațiile dăunătoare și, deci, să ducă la o anumită uniformitate genetică, la un fel de genotip ideal alcătuit numai din gene utile. Eroarea unui asemenea punct de vedere constă în concepția individualistă despre selecție: aceasta ar acționa doar în sensul util individului.

Faptele arată că acest genotip ideal, lipsit de orice mutație dăunătoare individului, nu este genotipul optim. Optimă se arată a fi o anumită structură genetică a populației, în care așa-numita „povară genetică“ reprezintă rezerva plasticității adaptative a populației, deci este o necesitate.

După cum au arătat cele cîteva fapte descrise, polimorfismul genetic (heterogenitatea genetică) se poate menține la un anumit nivel sau se poate modifica după necesitățile populației în condițiile concrete în care trăiește. Menținerea sau modificarea lui înseamnă, de fapt, menținerea sau modificarea structurii genetice a populației, deci a frecvenței relative în populație a unor gene în raport cu altele.

Această problemă este de mare importanță evolutivă, ea reprezentînd o preocupare centrală a geneticii populațiilor și studiul ei cantitativ se bazează pe legea fundamentală a geneticii populațiilor — **legea Hardy-Weinberg.**

În cele ce urmează vom analiza această lege, consecințele și limitele aplicabilității ei.

Legea Hardy-Weinberg arată că *într-o populație panmictică* (în care încrucișările se fac la întîmplare), *avînd un efectiv mare* (la care, deci, se pot aplica legi statistice), *în care nu se produc mutații și nu are loc selecția, proporția diferitelor gene și, deci, a genotipilor, rămîne constantă de la o generație la alta.*

Demonstrarea acestei idei este relativ simplă. Să presupunem că într-o populație există două alele *A* și *a* ale unei gene date. Datorită încrucișărilor se vor stabili, deci, în populație trei genotipi diferiți: *AA*, *Aa* și *aa*. În condițiile date de legea citată (lipsa selecției), proporțiile dintre acești genotipi vor depinde de proporțiile dintre *A* și *a* în populație, într-o generație dată, *n*.

Dacă însemnăm cu *p* frecvența genelor *A* iar cu *q* frecvența genelor *a*, atunci evident că p=frecvența homozigoților $AA+1/2$ din frecvența heterozigoților *Aa*. La rîndul său q=frecvența homozigoților $aa+1/2$ din heterozigoții *Aa*.

Unitatea genetică fiind reprezentată prin populația ca întreg înseamnă că $p+q=1$. Genele fiind egal repartizate între spermatozoizi și ovule, înseamnă că indivizii din generația *n* vor produce *p* spermatozoizi cu gena *A* și *q* spermatozoizi cu gena *a*, *p* ovule cu gena *A* și *q* ovule cu gena *a*. Încrucișările și fecundația fiind întîmplătoare (după cum prevede legea), compoziția genetică a populației în generația următoare $n+1$ va fi cea din tabelul 9.

Tabelul 9

Frecvența spermatozoizilor în generația *n* / Frecvența ovulelor în generația *n*	*pA*	*qa*
p A	p^2AA	$pqAa$
q a	$pqAa$	q^2aa

Deci, în generația $n+1$ componența genetică va fi:

$$p^2 \text{ zigoți } AA+2pq \text{ zigoți } Aa+q^2 \text{ zigoți } aa.$$

Să examinăm frecvența celor două alele în această generație $n+1$ și s-o comparăm cu cea din generația precedentă *n*. Reamintim, în prealabil, că frecvența alelei *A* este *p*, iar frecvența alelei *a* este *q*. Deci, în generația $n+1$, pentru gena *A* frecvența va fi: $p^2+pq=p(p+q)=p$, iar pentru gena *a* va fi: $q^2+pq=q(p+q)=q$.

Prin urmare, frecvența genelor a rămas constantă.

Trebuie subliniat că legea Hardy-Weinberg este pur teoretică, reprezintă doar o situație ideală, care niciodată nu are loc în condiții naturale. În populații naturale de obicei nu se respectă nici una din condițiile impuse de această lege. Într-adevăr, în asemenea populații panmixia nu

este totală (încrucișările, ca și fecundațiile se produc cu un anumit grad de electivitate), au loc mutații, are loc selecția, iar efectivul poate oscila în limite adesea foarte largi.

Valoarea acestei legi constă în faptul că ea reprezintă un reper, un model de referință, de la care se poate pleca în calcularea modificării structurii genetice a unei populații experimentale sau naturale, ținînd seama de acțiunea mutațiilor, a selecției sau a altor factori.

Modificarea componenței genetice a populației sub influența mutațiilor și a selecției, trecerea de la o stare de echilibru (anumite proporții ale genelor) la alta în populații se poate face, deci, prin aplicarea legii Hardy-Weinberg.

Apariția mutațiilor într-o populație determină modificarea echilibrului genetic existent. Dar eliminarea, menținerea sau, din contră, sporirea frecvenței unei mutații date într-o populație va depinde de acțiunea selecției, cu alte cuvinte de *valoare selectivă* (valoarea adaptativă) a mutației date. Valoarea selectivă a unei gene (a unei mutații), sau a unui genotip întreg, poate fi definită ca *proporția în care gena dată contribuie la structura genetică a generației următoare*. Acest parametru se înseamnă cu W.

Deoarece populația reprezintă unitatea ($p+q=1$), apare evident că valoarea adaptativă maximă a unei gene sau genotip poate fi $W=1$, cînd caracterul respectiv este prezent la toți indivizii populației, iar valoarea minimă $W=0$, în care caz nu se produce transmiterea caracterului către descendenți, deoarece posesorii lui sînt eliminați. Practic, valoarea adaptativă (W) a unui genotip și variația ei se apreciază după frecvența în populație a genotipului dat și după modificarea ei de la o generație la alta, deci după intensitatea eliminării prin selecție a mutației și a genotipului dat. Intensitatea eliminării reprezintă *coeficientul de selecție* și se înseamnă cu S.

Este evident că atunci cînd $W=0$, atunci $S=1$ (toți genotipii dați sînt eliminați), iar cînd $W=1$, atunci $S=0$ (nu este eliminat nici un individ cu genotipul dat). În condiții naturale, valoarea lui S este de obicei $<0{,}20$ (sub 20%).

În mod experimental, de pildă, dacă stabilim că o mutație afectează 60% (0,60) din populație, înseamnă că $W=0{,}60$ (60%) iar $S=0{,}40$ (40%).

Pornind de la definițiile valorii adaptative (W) și a coeficientului de selecție (S), valorile lor pot fi calculate pe baza legii Hardy-Weinberg. Dacă într-o populație sînt trei feluri de genotipi AA, Aa și aa, respectiv cu valori adaptative W_0, W_1, W_2, putem calcula atît valorile lor cît și ale coeficienților de selecție respectivi. Pentru aceasta, pornim de la presupunerea că valoarea adaptativă a lui W_0 este 1, iar celelalte valori se calculează în raport cu W_0 (în %).

În felul acesta, vom obține valoarea adaptativă medie:

$$W_0=\frac{W_0}{W_0}=1$$

$$W_1=\frac{W_1}{W_0}=1-S_1$$

$$W_2=\frac{W_2}{W_0}=1-S_2$$

Pentru a obține valorile concrete ale coeficientul de selecție trebuie să determinăm frecvența fiecărui genotip într-o generație și în cea următoare (deci înainte și după efectuarea selecției). Astfel, dacă frecvența genotipului AA era inițial de 0,25 iar după selecție 0,35, atunci $W_0=\frac{0,35}{0,25}=1,4$, iar $\frac{W_0}{W_0}=\frac{1,4}{1,4}=1$. În acest caz, $S=1-1=0$. În cazul genotipului Aa, dacă frecvența inițială este de 0,50 iar după selecție 0,48, atunci $W_1=\frac{0,48}{0,50}=0,96$ iar $\frac{W_1}{W_0}=\frac{0,96}{1,4}=0,7$. Coeficientul de selecție S_1 îl deducem din relația $\frac{W_1}{W_0}=1-S_1$, de unde $S_1=1-\frac{W_1}{W_0}=1-0,7=0,3$. Pentru genotipul aa, dacă frecvența lui se schimbă de la 0,25 la 0,17, vom avea: $W_2=\frac{0,17}{0,25}=0,68$, iar $\frac{W_2}{W_0}=\frac{0,68}{1,4}=0,4$ deci $S_2=1-\frac{W_2}{W_0}=1-0,4=0,6$

De multe ori calculul frecvenței unei gene într-o populație și, deci, calcularea valorii ei selective prin aplicarea legii Hardy-Weinberg nu corespunde cu frecvența reală a ei în populația dată. Aceasta denotă că acționează și alți factori ai selecției (în afară de valoarea mutației propriu-zise) ca, de pildă, abateri de la legea panmixiei.

Procesul de eliminare, menținere sau acumulare a unei gene într-o populație (deci menținerea sau modificarea constituției genetice a populației și realizarea unui nou echilibru) se desfășoară întrucîtva diferit în cazul genelor dominante și în cel al genelor recesive.

În cazul unei gene dominante, care apare în urma unei mutații, selecția va acționa asupra ei imediat, odată cu apariția genei. Soarta ei deci va depinde în întregime de mărimea valorii sale adaptative (W) și, deci, de coeficientul de selecție (gradul de eliminare). Dacă valoarea adaptativă a ei este 0, coeficientul de selecție va fi $S=1$, cu alte cuvinte în fiecare generație toate mutațiile respective vor fi eliminate și frecvența acestei mutații într-o generație va fi dată doar de viteza ei de apariție în generația dată, adică de viteza de transformare U a genei normale în gena mutantă. Dacă valoarea adaptativă a mutației date va fi pozitivă (>0), atunci $S<1$, deci nu vor fi eliminate toate mutațiile respective care apar în fiecare generație, ci o parte din ele se vor transmite de la o generație la alta. Fără a intra în amănunte de calcul, putem spune că proporția mutantei în populație, în acest caz, este dată de expresia $\frac{U}{S}$, în care, după cum s-a arătat, U este viteza (frecvența) cu care apare gena mutantă dominantă, iar S este coeficientul de selecție.

În cazul mutațiilor recesive răspîndirea, menținerea sau acumularea lor în populație se desfășoară altfel.

Într-o populație dată o genă A se poate transforma (prin mutație) în gena a cu viteza U. Dar poate avea loc și procesul invers, adică transformarea genei a în A cu o altă viteză V.

Să presupunem că $U(A \rightarrow a)=0,000001$, adică o mutație apare la 1 milion de gameți, iar $V(a \rightarrow A)=0,0000005$, adică o mutație la 2 milioane de gameți. Deci, fiind mai frecventă transformarea $A \rightarrow a$ decît $a \rightarrow A$, în populație se va acumula gena a. Într-o populație cu efectivul mare, echilibrul între cele două procese de sens opus se va instala cînd

numărul de gameţi la care se produce $A \rightarrow a$ va fi egal cu acela al gameţilor la care se produce $a \rightarrow A$.

Un asemenea echilibru se poate instala numai dacă mutaţia (a) este neutră, deci dacă asupra ei nu acţionează selecţia, iar acumularea ei se produce numai ca rezultat al raporturilor vitezelor celor două procese ($A \rightarrow a$ şi $a \rightarrow A$).

Dar, după cum se ştie, mutaţiile sînt aproape în toate cazurile dăunătoare, în diferite grade şi deci asupra lor va lucra selecţia. De aceea, se pot deosebi două împrejurări.

1. *Cazul cînd mutaţia este dăunătoare şi complet recesivă.* Fiind complet recesivă, deşi dăunătoare, ea se va răspîndi în populaţie cu o anumită viteză (U), pînă în momentul cînd, devenind destul de frecventă, vor apare mutanţi homozigoţi *aa*, datorită încrucişărilor ce vor începe să se producă între indivizi la care ea era în stare heterozigotă. Trecînd în stare homozigotă, mutaţia se va manifesta fenotipic şi, fiind dăunătoare, asupra ei va începe să acţioneze selecţia, prin eliminarea acestor homozigoţi. Aceasta va opri, deci, concentrarea mai departe a genei *a*. Echilibrul se va stabili la un nivel mai scăzut decît pentru o mutaţie neutră, deci mai mic decît 2/3. Nivelul concret va depinde, evident, de valoarea coeficientului de selecţie S.

2. *Cazul cînd mutaţia dăunătoare nu este pe deplin recesivă.* Nefiind complet recesivă, mutaţia îşi va manifesta, într-un anumit grad, caracterul ei dăunător ceea ce va determina începerea eliminării ei chiar de la apariţie. Echilibrul se va stabili la o valoare şi mai scăzută a frecvenţei genei recesive *a*.

S-a subliniat mai înainte că legea Hardy-Weinberg, cu toate aplicaţiile ei, are valabilitate numai pentru populaţii cu efective mari, deci la care pot fi aplicate legi statistice.

Trebuie, de asemenea, evidenţiat faptul că în asemenea populaţii mari selecţia este factorul principal care duce la stabilirea unui anumit echilibru în structura genetică a populaţiei, selecţia fiind privită aici ca o lege pur statistică.

În populaţii mici legea Hardy-Weinberg nu mai este valabilă. În asemenea populaţii, neputînd acţiona legi statistice (sau în orice caz acţionează cu rigoare scăzută), creşte rolul abaterilor întîmplătoare. În mod întîmplător se pot păstra şi acumula sau se pot pierde mutaţii, independent de viteza lor de apariţie şi, în parte, chiar independent de valoarea lor adaptativă. De aici vin şi denumirile de „proces genetico-automat“, *drift genetic* (derivă genetică). Fenomenul mai este cunoscut şi sub numele de *efectul Wright*.

Pentru ilustrare, vom recurge la un caz de extremă simplitate. Să presupunem că avem doi indivizi. La unul din ei se produce mutaţia $A \rightarrow a$. Deci unul (50%) va fi *AA*, altul (50%) *Aa*. Presupunem, de asemenea, că mutaţia *a*, în stare heterozigotă este neutră şi, deci, ambele categorii de indivizi *AA* şi *Aa* au aceeaşi valoare adaptativă, deci eliminarea organismelor, prin acţiunea diferiţilor factori, va avea caracter întîmplător (independent de prezenţa sau absenţa genei *a*).

Calculul probabilităţilor arată că proporţiile genotipilor în descendenţa acestor doi indivizi, în condiţiile arătate, vor diferi în funcţie de numărul descendenţilor. Într-adevăr, dacă numărul descendenţilor este 0,

mutația se pierde. Dacă acest număr va fi 1, probabilitatea ca mutația să supraviețuiască este de 50%. Dacă vor fi doi descendenți, posibilitățile constituției lor genetice vor fi următoarele:

AA	*AA*
AA	*Aa*
Aa	*AA*
Aa	*Aa*.

Deci, în 25% din cazuri, ambii supraviețuitori vor fi *AA*, iar *a* va fi complet eliminat. În 25% din cazuri ambii supraviețuitori vor fi *Aa* și, deci, se va elimina complet *AA* și în 50% din cazuri unul va fi *AA* iar altul *Aa*. Se poate vedea, așadar, că în 25% din cazuri, eliminarea fiind întîmplătoare, mutația *a* se va pierde chiar din prima generație de descendenți; tot în 25% din cazuri mutația își poate dubla numărul în prima generație. Acest proces se va repeta în generațiile următoare și, deci, generalizarea unei mutații, ca și pierderea ei, se pot produce repede și la întîmplare, instalîndu-se repede o stare de homozigoție, de omogenitate genetică.

Ne-am oprit asupra cazului simplu a doi descendenți deoarece, dacă efectivul populației rămîne relativ constant timp de mai multe generații (ceea ce se întîmplă în mod obișnuit), înseamnă că dintre descendenții unei perechi supraviețuesc, în medie, doi indivizi. Procesul va avea însă același caracter (acumularea sau eliminarea, la întîmplare, a unei mutații), chiar dacă numărul descendenților este mai mare. De pildă, dacă sînt 10 descendenți de la cei doi indivizi inițiali, probabilitățile vor putea fi următoarele:

10 indivizi *AA* (deci toți descendenții sînt *AA*)
9 indivizi *AA*, 1 individ *Aa* (0,1% supraviețuește *a*)
8 indivizi *AA*, 2 indivizi *Aa* (0,2% supraviețuește *a*)
7 indivizi *AA*, 3 indivizi *Aa*
6 indivizi *AA*, 4 indivizi *Aa*
5 indivizi *AA*, 5 indivizi *Aa*
4 indivizi *AA*, 6 indivizi *Aa*
3 indivizi *AA*, 7 indivizi *Aa*
2 indivizi *AA*, 8 indivizi *Aa*
1 individ *AA*, 9 indivizi *Aa*.

De aici se vede că numai în situația 5 indivizi *AA* și 5 indivizi *Aa* (probabilitatea apariției acestei situații este de 1/10) alelele vor fi echilibrate. În toate celelalte cazuri va exista o predominanță și ea întîmplătoare, mai mare sau mai mică a uneia dintre alele. Procesul continuînd din generație în generație, concentrarea alelei respective va crește repede pînă la stabilirea unei noi stări de homozigoție.

Prin urmare, din cele arătate, se poate vedea că în populații mici pierderea sau, din contră, generalizarea în populație a unei mutații (unei gene) se poate produce în virtutea doar a unor procese genetice, independent de acțiunea selecției. Desfășurîndu-se repede, într-un număr relativ mic de generații, acest proces ar permite acumularea în populație chiar a unor combinații neadaptative sau neutre, apoi generalizarea lor.

La aceasta trebuie adăugat că, în condiții concrete, majoritatea mutațiilor apărute dispar. Într-adevăr, noi am presupus la început că mutația $A \rightarrow a$ se produce la 1 individ din doi inițiali (deci 50% din indivizi). În realitate, ea apare la cîte un individ dintr-o populație, de aceea se și pierde repede, în majoritatea cazurilor. Consecința este nivelul scăzut al variabilității în populații mici.

Consecințele evolutive, în esență, ar consta fie în dispariția populației date (dacă se acumulează combinații genetice nefavorabile), fie într-o transformare rapidă a ei, avînd drept urmare apariția de noi unități sistematice. Aceste consecințe au fost discutate mai pe larg la problema selecției.

Deși rolul driftului genetic în evoluție este controversat, observații efectuate în natură arată totuși că între populații mari și cele mici adesea există deosebiri în ce privește ritmul transformărilor și nivelul variabilității.

În încheiere la problemele privind structura genetică a populației, ne vom opri asupra homeostaziei genetice.

Homeostazia genetică. Poate fi definită drept capacitatea populației de a-și echilibra structura genetică și de a se opune schimbărilor bruște ale ei. Această însușire se manifestă adesea prin tendința populației, supusă acțiunii unei selecții orientate într-un anumit sens, de a reveni la expresia inițială, medie, a caracterului dat, odată cu slăbirea acțiunii selecției.

Această însușire rezultă din faptul că populația, din punct de vedere al structurii sale genetice, se comportă ca un sistem integrat, capabil să-și regleze parametrii structurali, în funcție de condițiile mediului.

Așa cum în genotipul unui individ o genă oarecare nu acționează independent ci ea apare integrată în sistemul genetic al individului, așa și în populație există o integrare genetică, mai mult sau mai puțin pronunțată. Faptele examinate anterior, privitoare la polimorfismul genetic, la povara genetică, la structura pronunțat heterozigotă a populațiilor, la modalitățile de generalizare sau eliminare a mutațiilor, arată pe de o parte caracterul sistemic al genotipului populațional, iar pe de altă parte arată și mecanismele prin care se realizează integrarea genetică a populației. De pildă, în cazul polimorfismului insectelor coloniale, diversificarea morfo-funcțională între diferite categorii de indivizi sau chiar în mersul vieții indivizilor din aceeași categorie este determinată genetic. Deci, există mecanisme genetice care asigură integralitatea acestor colonii. Nu este nevoie să insistăm că aceste mecanisme reprezintă unul din principalele rezultate ale selecției.

La populațiile panmictice (mendeliene) apare și un alt mecanism, și anume, heterozigoția pronunțată a lor. S-a arătat mai înainte, de repetate ori, că în asemenea populații, datorită încrucișărilor libere, se creează o diversitate genetică practic nesfîrșită. Organismele totuși par relativ omogene pentru că majoritatea variațiilor ereditare rămîne în stare recesivă, heterozigotă. Deci, în populație, există o uriașă rezervă mutațională, care permite modificarea structurii genetice a populației sub presiunea selecției. Avantajul selectiv al heterozigoților (vigoare mai mare, plasticitate mai pronunțată — într-un cuvînt fenomene de heterozis mai pronunțate) față de homozigoții respectivi (așa-numitul fenomen de superdominanță)

este unul din mecanisme care contribuie la realizarea homeostaziei genetice.

Prin aceste mecanisme (polimorfism, heterozigoție, probabil și prin altele mai puțin cunoscute) este determinată repartiția și frecvența genelor (sau a unor combinații) în populație, fapt care are drept consecință creșterea valorii adaptative a fiecărui genotip. Homeostazia genetică constă tocmai în faptul că, datorită acțiunii îndelungate a selecției asupra unei populații, majoritatea genotipilor indivizilor componenți capătă valoare adaptativă apropiată de optim. Dacă acestui complex genetic integrat i se aplică o acțiune modificată (ca sens) a selecției, el răspunde prin anumite modificări (în repartiția și frecvența unor gene) care, de cele mai multe ori, revin la starea inițială, dacă presiunea selecției în noua direcție încetează. Revenirea la starea inițială se face datorită mecanismelor de integrare genetică fixate prin selecție îndelungată.

6.3.6. MĂRIMEA (NUMĂRUL) POPULAȚIEI

Numărul indivizilor unei populații reprezintă una din cele mai importante trăsături structurale ale ei și, totodată, una din cele mai complexe adaptări.

Prin numărul unei populații nu trebuie înțeleasă o cifră asolută ci doar un nivel numeric, un ordin de mărime, care exprimă o caracteristică a populației. Acest parametru nu rămîne constant de la o generație la alta. Modificarea lui în timp (dinamica numărului) reflectă starea de prosperitate sau de declin a populației, procesele care se desfășoară în interiorul ei precum și relațiile ei cu ecosistemul din care face parte.

Mărimea populației, fiind una din preocupările centrale ale ecologiei, este analizată sub toate aspectele ei în manuale și tratate de ecologie. De aceea, ne vom limita aici doar la relevarea caracterului adaptativ al acestui parametru și a importanței lui evolutive.

Numărul unei populații este rezultanta raportului dintre natalitate (numărul de organisme ce sînt produse în populație într-un interval de timp) și mortalitate (numărul de indivizi pe care-i pierde populația într-un interval de timp), făcînd abstracție de influența emigrărilor sau a imigrărilor.

Dar atît natalitatea, cît și mortalitatea sînt fenomene complexe. Valorile lor reprezintă rezultatul interacțiunii a numeroși factori interni, proprii populației, precum și a interacțiunii populației cu factorii externi (cu ecosistemul dat). Menționăm acest lucru pentru a sublinia faptul că numărul reflectă, în ultimă instanță, atît procesele ce se desfășoară în interiorul ei, cît și relațiile ei cu mediul înconjurător.

Fără a încerca să dăm o analiză amplă a factorilor interni și externi de care depinde natalitatea și mortalitatea într-o populație (deci numărul ei), vom releva doar unele aspecte implicate în aceste procese.

Poziția filogenetică, deci natura populației date, are o importanță primordială. La speciile inferioare: microorganisme, plante sau animale inferioare, cu mijloace de apărare puțin diferențiate și la care eliminarea (mortalitatea) de obicei este intensă și cu un pronunțat caracter statistic, menținerea unui anumit nivel numeric se poate obține numai printr-o

prolificitate foarte ridicată. La aceste specii nivelul numeric este cel mai mare, el reprezentînd și cel mai eficient mijloc de menținere a speciei.

Din contră, la speciile evoluate și cu mijloace active de apărare bine diferențiate, cu mortalitatea relativ scăzută, nivelul numeric dat poate fi menținut printr-o prolificitate mult mai scăzută decît la cele inferioare. De asemenea, menținerea populației poate fi asigurată de un efectiv mult mai redus.

Longevitatea este și ea implicată în acest proces. La speciile inferioare, longevitatea mică este compensată printr-o prolificitate crescută. La cele superioare, longevitatea crescută permite completarea numărului prin însumarea indivizilor din mai multe generații succesive (aceasta influențează la rîndul ei, structura pe vîrste a populației), ceea ce permite o importantă scădere a prolificității și, deci, canalizarea energiei respective spre alte funcții ale populației.

Desfășurarea ontogeniei reflectă anumite raporturi dintre creștere și dezvoltare, raporturile dintre etapele ontogeniei. Între acestea menționăm raporturile dintre etapele prereproductive, pe de o parte și cele reproductive, pe de altă parte. Aceste raporturi, la rîndul lor, influențează ritmul de completare a numărului indivizilor, precum și structura numărului. De menționat că o anumită structură pe vîrste (pe etape ale ontogeniei) a populației are repercusiuni complexe asupra relațiilor ei cu hrana (deci cu alte specii), ca și cu mediul abiotic.

Structura pe sexe a populației și, deci, raportul numeric dintre sexe reprezintă un factor important care influențează prolificitatea și, deci, implicit nivelul numeric al populației. La rîndul său structura pe sexe a populației este influențată de o serie de factori interni și externi ai populației.

Cele arătate credem că sînt suficiente spre a ne da seama de complexitatea factorilor interni, proprii populației, care, pe o cale sau alta, influențează nivelul ei numeric și care, deci, sînt reflectați direct sau indirect de acest parametru.

La aceasta însă trebuie adăugată și influența factorilor externi, a factorilor ecosistemului. Fără a intra în analiza aprofundată a acestor factori, trebuie subliniat că o populație îndeplinește anumite funcții într-o biocenoză, participînd la „metabolismul" biocenozei. Populația trebuie să utilizeze cît mai „rațional" resursele ecosistemului, să facă față concurenței altor specii, să reziste presiunii exercitate de dușmani și de factorii abiotici neprielnici.

În aceste condiții, rolul adaptativ al numărului devine de prim ordin. Numărul apare ca un parametru cu o anumită dinamică, specifică diferitelor populații. Pentru existența normală a populației numărul trebuie să-și păstreze nivelul apropiat de cel constituit istoricește, în procesul evoluției. Depășirea prea mare a lui, într-un sens sau altul (suprapopulația și infrapopulația) este dăunătoare. Păstrarea nivelului numeric al unei populații în jurul unei anumite valori și tendința de optimizare a acestui nivel se datorează elaborării, prin acțiunea selecției, a unor mecanisme de *autocontrol* al acestui parametru și de *acordare* permanentă a lui cu condițiile de viață. Prin urmare, există două categorii de factori care controlează nivelul numeric al populațiilor: factori interni, intrinseci al populației date, care reprezintă mecanismul de autoreglare pro-

priu-zis și factori externi, care de obicei controlează limitele extreme ale numărului. Nu trebuie uitat că ambele categorii de factori se află în permanentă interacțiune.

Deoarece în acest capitol ne ocupăm de studiul trăsăturilor caracteristice populațiilor, ne vom opri asupra mecanismelor de autoreglare, urmînd ca rolul factorilor externi să fie examinat în capitolul privitor la relațiile populațiilor cu factorii mediului abiotic și biologic.

Înainte de a trece la ilustrarea prin fapte a diferitelor mecanisme de autoreglare a numărului, mai trebuie făcută o precizare: este supus reglării nu numărul absolut al indivizilor în populație ci densitatea lor, deci numărul raportat la unitatea de spațiu.

Mecanismele concrete de reglare a densității sînt foarte variate, de obicei caracteristice fiecărei specii. În unele cazuri ele par extrem de simple, în alte cazuri apar reglaje multiple și complexe, de o mare finețe.

Reglarea chimică a densității. Acest mecanism simplu constă în faptul că metaboliții eliminați de membri ai populației, ajungînd la o anumită concentrație, devin toxici acționînd asupra unora sau tuturor membrilor populației.

De pildă, bacilul lactic, încetează să se mai înmulțească cînd *p*H-ul scade la o anumită valoare, datorită concentrației acidului lactic produs de bacteria respectivă. Dacă acidul este neutralizat, sau dacă mediul are suficientă putere de tamponare, denstitatea populației poate realiza valori mult mai mari.

Creșterea densității populației de drojdie de bere este frînată prin concentrația în mediu a alcoolului — produs al activității ei. În același fel creșterea densității populațiilor de *Chlorella* este limitată prin concentrarea în mediu a clorelinei, substanță produsă de algă, care duce la inhibarea diviziunilor celulare.

Mecanisme asemănătoare se cunosc și la animale. De pildă, s-a stabilit că în populații de *Rana pipiens* mormolocii care cresc mai repede secretă o substanță de natură proteică cu efecte toxice asupra mormolocilor mici, rămași în urmă cu creșterea sau eclozați mai tîrziu.

Probabil asemenea mecanisme chimice de reglare a efectivului populațiilor sînt mult mai răspîndite, dar încă puțin cunoscute.

Reglarea activă a densității. În această categorie se pot cita numeroase exemple. De pildă, moluscul *Teredo*, care-și sapă galeriile în lemne submerse, face în așa fel încît niciodată canalele săpate de diferiții indivizi nu se întretaie și nu se apropie prea mult de suprafața lemnului. Faptul, probabil, se datorează vibrațiilor lemnului atunci cînd este săpat, vibrații pe care animalele le percep, evitînd în felul acesta suprapunerea spațiului folosit.

Larvele de stridii, de cirripede, de *Spirorbis,* cînd se așază pe substrat o fac în așa fel încît pe de o parte ocupă substratul creînd o anumită densitate a indivizilor, iar pe de altă parte această așezare se face în așa fel încît să rămînă suficient spațiu între indivizii tineri (mici) spre a le permite creșterea nestingherită.

Migrarea indivizilor reprezintă, de asemenea, un mijloc activ de reglare a densității în raport cu mediul. Acest fenomen este foarte răs-

pîndit în lumea animală. De pildă, la păsările planctonofage există o relaţie directă între densitatea populaţiilor lor şi aglomerările de plancton din Oceanul Atlantic. Păsările se concentrează în porţiunile unde hrana este mai abundentă.

În alte cazuri, comportamentul activ care determină reglarea densităţii se referă la apărarea activă a teritoriului de hrănire, sau a celui de înoptare. De pildă, masculii de *Lagopus scoticus* îşi apără activ teritoriul de hrană. Păsările care nu-şi pot asigura acest teritoriu sînt eliminate din colonie, se hrănesc mai prost, duc o viaţă izolată, cad mai uşor pradă duşmanilor, nu pot participa la reproducere. În felul acesta densitatea este menţinută în limite apropiate de cele optime permise de resursele nutritive ale teritoriului dat.

Canibalismul. Reprezintă un mijloc destul de frecvent de reglare a densităţii.

De pildă, la nemerţianul *Linnaeus gessensis ruber*, din ouăle aceleiaşi ponte se dezvoltă două feluri de embrioni: unii care mor de timpuriu şi sînt consumaţi de ceilalţi, care-şi pot desăvîrşi astfel dezvoltarea normală. La *Calandra oryzae* (coleopter curculionid), cînd populaţia ajunge la o anumită densitate se produce migrarea adulţilor, iar atunci cînd acest lucru nu este posibil, adulţii consumînd boabe de orez consumă şi pe acelea care conţin larve. Un fenomen asemănător are loc în populaţiile coleopterului *Tribolium*. La peşti, în unele cazuri, se produce consumul propriului puiet (unele specii de biban) sau a propriilor icre.

La amfibianul *Cryptobranchus alleghanniensis* masculii consumă o parte din ouăle pontei pe care o păzesc. Dintre reptile, la *Lacerta sicula* apare canibalismul în unele populaţii din insulele Mării Adriatice, atunci cînd hrana devine insuficientă, reglîndu-se astfel numărul indivizilor în raport cu baza trofică.

Succesiunea la hrănire. Această succesiune a diferitelor categorii de indivizi dintr-o populaţie reprezintă un mijloc eficient de reglare a densităţii în raport cu capacităţile trofice ale mediului. La multe specii de păsări clocitul începe după ce este depusă toată ponta (de exemplu, la galinacee). La alte specii însă, ca de plidă la răpitoare de zi (falconiformele), berze, strigiforme, ciori etc. clocitul începe după depunerea primului ou, ceea ce duce la eclozarea succesivă a puilor. Între ei se creează un decalaj de vîrstă şi, ca urmare, o anumită succesiune la hrănirea de către părinţi, în ordinea descrescîndă a vîrstelor. De pildă, la *Tyto alba* (striga) ponta constă, în medie, din şapte ouă depuse cîte unul la două zile. Clocitul începe de la depunerea primului ou, primul pui eclozat fiind în vîrstă de aproape două săptămîni cînd apare şi ultimul pui. Primul eclozat fiind cel mai activ este hrănit cu prioritate, apoi vin la rînd ceilalţi în ordinea descrescîndă a vîrstelor. Dacă hrana (şoareci) este destulă, toţi puii se dezvoltă normal; dacă hrana este insuficientă, puii încep să moară: primul care moare este ultimul eclozat (cel mai tînăr). Deci, vor supravieţui şi se vor dezvolta normal atîţia pui cît permite cantitatea de hrană disponibilă.

În esenţă, acelaşi fenomen se produce prin decalajul ce are loc în ecloziunea puietului de peşte dintr-o populaţie, decalaj datorat variabilităţii timpului de depunere a pontelor, caracterului lor porţionat sau sincron, precum şi variabilităţii individuale a icrelor. Decalajul în etapele de dezvoltare a puietului permite o anumită succesiune la o anumită hrană

și, deci, permite o utilizare mai rațională a resurselor mediului și menținerea unei densități mai ridicate a populației.

Reglaje complexe cu control multiplu. De cele mai multe ori reglarea densității este un proces complex, descifrat doar în puține cazuri.

Reglarea numărului (a densității) la unele insecte parazitoide reprezintă un mecanism deosebit de complex și interesant. Spre deosebire de paraziți, care în mod obișnuit nu-și omoară gazda (omorîrea acesteia ar duce la moartea paraziților), parazitoizii dezvoltîndu-se în interiorul gazdei o omoară odată cu terminarea dezvoltării lor. Dintre insecte, ichneumonidele, braconidele, calcididele sînt parazitoizi care se dezvoltă în corpul altor insecte. Unii din acești parazitoizi depun mai multe ouă într-o aceeași gazdă (parazitoizi de grup), în timp ce alții depun un singur ou (parazitoizi solitari).

Astfel, ichneumonidul *Nemeritis* este solitar și depune cîte un ou în cîte o omidă de *Ephestia.* Condiția esențială a dezvoltării constă în faptul că o omidă de *Ephestia* ajunge spre a hrăni o singură larvă de *Nemeritis.* Deci femelele acestui ichneumonid trebuie pe de o parte să evite a depune într-o omidă mai mult decît un ou, iar pe de altă parte trebuie să evite a depune oul într-o omidă în care este deja depus un ou de către o altă femelă. Aceste condiții sînt asigurate datorită unor instincte și comportamente foarte fine ale femelelor. Este prima cale de asigurare a unui număr necesar de descendenți și de a evita pierderi inutile. Dar instinctul, ca orice adaptare, nu are valoare absolută. Se produc uneori erori: unele femele depun în gazdă cîte două ouă, hrana ajungînd strict pentru o larvă; deci una trebuie să moară și asta chiar de la început, îndată după ecloziune, deoarece altfel existența ambelor va fi periclitată. Lupta are loc într-adevăr în primul stadiu al larvelor, cînd larvele posedă și armele necesare: mandibule ascuțite care servesc numai pentru acest scop. În stadiul următor (după prima năpîrlire) mandibulele dispar: ele nu sînt folosite nici pentru hrănire, deoarece hrana constă din sucurile și țesuturile moi ale gazdei iar pentru luptă devin inutile, pentru că ar fi prea tîrziu.

De subliniat că la formele de grup instinctul de luptă lipsește. Dar femelele pot comite și o altă eroare: să depună oul în corpul unei gazde în care o larvă a trecut în stadiul al doilea sau al treilea. Tînăra larvă, apărută din oul proaspăt depus, avînd mandibule ar putea omorî larva mai vîrstnică lipsită de mandibule. Rezultatul ar fi în orice caz negativ, pentru că hrana nu ar mai ajunge pentru larva tînără, învingătoare. O asemenea eroare este însă corectată prin faptul că larvele mai mari elimină în mediu (corpul gazdei) substanțe ce inhibă fiziologic și omoară larvele nou apărute.

În acest fel, pe căi multiple, în care sînt riguros corelate numeroase trăsături fiziologice (maturarea treptată a ouălor la adulți, secreția unor substanțe de către larvele mai mari), morfologice (mandibulele larvelor din primul stadiu) și comportamentale (instincte), este reglat numărul indivizilor din populație, în funcție de posibilitățile de nutriție.

Fenomene complexe sînt implicate adesea în reglarea densității la mamifere.

De pildă, șoarecii, avînd o longevitate reală mică (în medie un an) și avînd numeroși dușmani, densitatea necesară a populației nu se poate

realiza și menține decît printr-o mare prolificitate și printr-un ritm de creștere intens, care să permită completarea continuă a efectivului. Din contră, la lilieci (avînd aproximativ aceeași mărime cu șoarecii) longevitatea reală este mult mai mare (cîțiva ani), ceea ce face posibil ca densitatea necesară să se poată realiza prin însumarea indivizilor adulți din mai multe generații și, deci, prin reducerea corespunzătoare a prolificității. Într-adevăr, liliecii nu fac decît cîte un pui pe an. De aici se vede că longevitatea apare ca un factor reglabil, dependent de alți parametri ai populației, de întreaga ei ecologie. Longevitatea optimă nu este cea maximă ci aceea care apare ca fiind cea mai utilă pentru menținerea populației.

Experimente făcute pe rozătoare și pe alte mamifere au scos în evidență și alt mecanism complex de reglare a densității — *stressul*. Prin „stress" se înțelege agresiunea complexă a foarte diferiți factori ai mediului (factori stressanți) asupra organismului: factorii stressanți pot fi de natură fizică (de exemplu, temperatura), chimică, biologică (de pildă, agenți patogeni diferiți), nervoasă etc.

Stressul afectează trăsături fiziologice și ecologice, deci apare atît sub aspect individual cît și populațional.

Din punct de vedere fiziologic, el determină reacții complexe neuro-endocrine de apărare din partea organismului, cunoscute sub denumirea de *sindrom general de adaptare*. (Denumirea nu este prea corectă deoarece aici este vorba de adecvare, acomodare — ca fenomen individual — și nu de adaptare — fenomen populațional.)

Mecanismul fiziologic este următorul: sub acțiunea factorilor stressanți, comunicată pe cale nervoasă sau umorală (hipofiza, prin lobul ei anterior), începe producerea mai intensă a hormonului adrenocorticotrop, sub influența căruia cortexul suprarenalei secretă o serie întreagă de hormoni (între altele, cortizonul) care afectează activitatea altor organe, modificînd metabolismul glucidelor, presiunea sîngelui, cantitatea de leucocite, activitatea glandelor genitale etc. Acest sindrom reflectă, deci, mobilizarea unor resurse interne de apărare a organismului împotriva unor agresiuni ale factorilor mediului.

Unele din aceste reacții sînt însă atît de intense încît depășesc necesitățile imediate de apărare ale organismului, devenind ele însele periculoase.

Din punct de vedere ecologic însă, stressul s-a dovedit a fi un mijloc eficient de reglare a densității populațiilor, cel puțin la unele animale superioare. De pildă, s-a constatat la o serie de mamifere: șoareci, cobai, marmote, maimuțe — în experiment și în natură — că densitatea populației, atunci cînd atinge anumite limite, devine un factor stressant, ea provoacă stressul, în acest caz de natură nervoasă, psihică. El apare ca rezultat al contactelor prea dese între indivizi, contacte care provoacă tulburări în activitatea lor normală, în odihnă, căutarea hranei, consumul ei, în reproducere, îngrijirea urmașilor, duce la încăierări mai frecvente între masculi etc. Activitatea hormonală, modificată prin mecanismul descris mai înainte, duce la scăderea prolificității animalelor (scade numărul puilor la o naștere, scade numărul femelelor gestante), la scăderea imunității, la scăderea longevității, la creșterea mortalității în populație. Rezultatul acestor fenomene complexe este faptul că densitatea populației nu mai

crește, nu depășește anumite limite, deși populația poate avea la dispoziție o hrană abundentă și să nu fie afectată de factori patogeni.

Apare evident că stressul, putînd să producă efecte chiar dăunătoare din punct de vedere individual, apare ca util pentru populație privită ca sistem integrat, reprezentînd, deci, o adaptare a sistemelor populaționale.

În încheiere la această trecere în revistă a autoreglării numărului indivizilor în populații, trebuie subliniat că nici unul din aceste mecanisme nu este perfect. Ele reprezintă niște adaptări, și ca orice adaptare au valoare relativă. Cea mai bună dovadă în acest sens este faptul că populațiile oricărei specii înregistrează fluctuații numerice adesea foarte mari, fenomen cu importante consecințe evolutive (vezi *Capit. 4.1,* și *6.3.5*).

6.3.7. FUNCȚIILE POPULAȚIEI ÎN BIOCENOZE

Din analiza precedentă a problemelor legate de structura populațiilor rezultă că atît structura cît și dinamica ei (modificarea în timp a trăsăturilor structurale) sînt caracteristice populației (și speciei) respective și, totodată, au caracter adaptativ, fiind rezultate din acțiunea selecției.

Dar populația este, totodată, și un *sistem funcțional,* un *sistem energetic;* populația captează energie din mediu, o acumulează, îi schimbă formele într-un mod caracteristic și cedează o parte din energia ei sistemelor înconjurătoare.

Sensul trăsăturilor structurale ale unei populații nu poate fi înțeles dacă nu este corelat cu modul de funcționare al ei.

Aici trebuie făcută o precizare: de ce tratăm populația și nu individul ca unitate energetică, deși este evident că și un organism izolat îndeplinește anumite funcții, și el este un sistem energetic? Pentru o biocenoză, activitatea desfășurată de un organism (individul), ori care ar fi el, este practic neglijabilă. Din contră, activitatea unei populații, prin specificul ei, are repercusiuni asupra funcționării biocenozei ca întreg. De aceea putem afirma că *populația reprezintă unitatea energetică elementară a biocenozei* (ecosistemului).

Din punct de vedere evolutiv, o populație trebuie să funcționeze în așa fel încît *să mențină specia* dată în biocenoza respectivă, dacă este posibil să ducă la prosperitatea speciei (de pildă, prin extinderea ei), să facă posibilă adaptarea speciei în cazul schimbării condițiilor (adaptare realizată prin schimbarea trăsăturilor și, deci, a modului de funcționare al populației).

Din punct de vedere strict ecologic, deci al existenței concrete a unei populații într-un ecosistem dat, funcționarea populației se concretizează în participarea ei la *circuitul materiei* și la *fluxul energetic* în ecosistem.[1]

[1] Termenul de „circulație" a materiei și energiei folosit încă în unele lucrări nu este corect. Dacă materia într-adevăr face un circuit în ecosistem, revenind mereu la aceleași verigi, energia, parțial, este risipită sub formă de căldură și trebuie mereu reîmprospătată pe seama energiei solare incidente. De aceea, este corect să vorbim de „circuitul" materiei și de „flux energetic" sau, cu un termen general de „transfer de materie și energie".

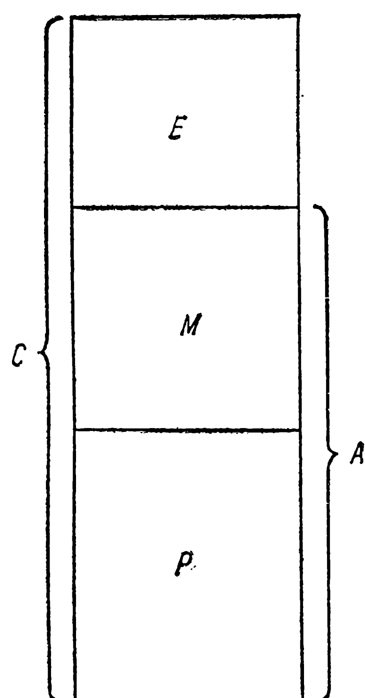


Fig. 77. Bugetul energetic al unei populații: C — energia consumată; E — energia eliminată; A — energia asimilată; M — energia metabolizată; P — energia acumulată în procesul de creștere (producția).

Aceste procese se realizează prin activitatea desfășurată de populație: nutriția (cu toate activitățile legate de ea), creșterea indivizilor, reproducerea, înmulțirea și, deci, dinamica numerică (dinamica biomasei). Toate aceste activități putînd fi exprimate în valori energetice (de pildă, calorii), populațiile pot fi astfel comparate între ele. Dacă ținem seama de intrările, acumulările și pierderile de energie ale unei populații, atunci bugetul ei energetic poate fi înfățișat schematic în modul următor (fig. 77): populația dată captează din mediu o anumită cantitate de energie — energia hranei consumată (*C* din figură). Din această cantitate globală o anumită parte *(E)* este eliminată, deci pierdută pentru populație, sub formă de excremente. O altă parte *(A)* reprezintă energia asimilată de indivizii componenți ai populației. La rîndul său, această cantitate *(A)* are două componente: energia consumată în metabolismul activității populației *(M)*, concretizată prin respirația ei, și energia acumulată sub formă de spor al biomasei populației care reprezintă producția ei *(P)*. Practic, acești parametri se determină prin metode fiziologice (calorimetrice și respirometrice) la diferitele categorii de indivizi (după vîrstă, sex etc.) și se raportează la proporțiile acestor indivizi în populație (deci, la structura populației) pentru a obține valori valabile pentru întreaga unitate.

Cunoașterea acestor parametri ai populației are importanță practică și teoretică. Practic, ne interesează valoarea mai ales a lui *P* (producția de substanță organică) și mijloacele de sporire a acestei valori. Teoretic, această cunoaștere permite compararea obiectivă a diferitelor categorii de populații, fapt care scoate la iveală unele aspecte semnificative.

Astfel, se constată mai întîi că proporțiile dintre *E*, *M* și *P* diferă și sînt caracteristice diferitelor populații. Mai mult, se constată că la populații aparținînd unor niveluri trofice diferite proporțiile acestor valori se deosebesc în mod semnificativ, mai ales în ce privește proporțiile dintre *M* și *P*. Astfel, la populațiile de producători primari (plante verzi) respirația (*M*) este de numai 33% din valoarea energiei asimilată (*A*); la consumatorii primari (animale fitofage), această proporție se ridică la 62% iar la consumatorii secundari la 100%.

Prin urmare, pe măsură ce ne ridicăm de la producători la consumatori crește procentul energiei cheltuită pentru desfășurarea activității organismelor (populațiilor) respective. Dacă ținem seama de faptul că pornind de la nivelul trofic al producătorilor spre consumatori de un grad tot mai înalt crește în linii mari și nivelul evolutiv al speciilor, atunci

creşterea menţionată a energiei activităţii devine semnificativă din punct de vedere evolutiv. Mai mult, dacă examinăm formele activităţilor desfăşurate de populaţii constatăm că la grupele evoluate se desfăşoară forme superioare ale activităţii. De pildă, la păsări şi mamifere, un procent însemnat de energie se cheltuieşte pentru protecţia, îngrijirea şi „educarea" urmaşilor, ceea ce nu se constată la formele inferioare. Concluzia care se poate trage de aici este aceea că populaţiile nu determină doar fluxul energiei ci reprezintă sisteme ce determină şi schimbarea formelor de energie, apariţia şi dezvoltarea formelor superioare de energie ca, de pildă, energia nervoasă şi chiar psihică.

6.3.8. RELAŢII INTRASPECIFICE

Problema relaţiilor intraspecifice este deosebit de importantă şi, totodată, complexă şi, pînă în prezent, nu poate fi considerată ca pe deplin rezolvată. Ea cuprinde două categorii de fenomene: pe de o parte, *relaţiile dintre unităţile sistematice intraspecifice* (cum sînt rasele geografice, ecologice sau între populaţii diferite), iar pe de altă parte, *relaţiile dintre indivizi* sau *grupări de indivizi* din interiorul unei aceleiaşi populaţii (familii, cîrduri, stoluri, turme etc.).

Ocupîndu-ne de studiul populaţiilor, vom analiza aici cea de a doua categorie de fenomene — deci relaţiile din interiorul populaţiei, ele reprezentînd de fapt aspectul esenţial al relaţiilor intraspecifice.

Relaţiile intraspecifice, şi deci şi cele din interiorul populaţiilor, reprezintă însăşi conţinutul, esenţa organizării (deci a structurii şi a funcţionării) speciei (populaţiei), după cum conţinutul organizării unui individ constă în interacţiunile părţilor sale componente.

Începînd cu Ch. Darwin, care a abordat pentru prima dată problema relaţiilor intraspecifice, ea a fost şi este adesea tratată unilateral: fie ca expresie a unei lupte severe intraspecifice, fie ca o desăvîrşită armonie.

Punctul de vedere sistemic permite o înţelegere mai corectă a relaţiilor intraspecifice, în speţă a celor intrapopulaţionale.

Într-adevăr, s-a arătat că populaţia ca sistem are o anumită structură, fiind alcătuită din elemente componente (subsisteme) de diferite grade de complexitate, cu diferite calităţi: indivizi de diferite categorii, grupări mai mici sau mai mari de indivizi de acelaşi tip sau de tipuri diferite etc.

Relaţiile intrapopulaţionale constau tocmai din interacţiunea unor indivizi sau grupări de indivizi — ca subsisteme (elemente componente) ale populaţiei, cu ceilalţi indivizi sau celelalte grupări — deci cu sistemul populaţional. Cu alte cuvinte, aceste relaţii sînt, în esenţă, relaţii organism — populaţie (sau specie).

Prin urmare, relaţiile intraspecifice, ca şi cele intrapopulaţionale, sînt *relaţii de sistem* şi, ca atare, trebuie apreciate prin prisma rolului lor în viaţa sistemului din care fac parte, deci a sistemului populaţional şi nu după forma sub care se pot înfăţişa.

După cum s-a mai arătat, una din trăsăturile caracteristice relaţiilor de sistem constă în subordonarea lor şi a structurii şi funcţionării subsistemelor faţă de legile sistemului superior căruia îi aparţin şi care, totodată, coordonează aceste relaţii.

O populaţie trăieşte într-un ecosistem concret şi întreaga ei organizare trebuie să fie de aşa natură încît să-i asigure persistenţa şi activitatea normală. *Caracteristica esenţială a relaţiilor intrapopulaţionale constă în finalizarea lor spre asigurarea supravieţuirii, perpetuării şi, dacă este posibil, prosperării populaţiei date.* Aceasta se realizează printr-o reglare, acordare a interacţiunilor dintre subsistemele populaţiei, în aşa fel încît cu minimum de cheltuieli (pierderi) să se asigure maximum de efect util pentru populaţie, în condiţiile concrete ale ecosistemului în care trăieşte.

Forma sub care se pot înfăţişa relaţiile din interiorul populaţiei pot fi extrem de variate: cooperare, neutralitate, indiferenţă, concurenţă, luptă sau alte forme care nici nu se pot încadra în aceste categorii ca, de pildă, relaţiile dintre indivizi de sexe diferite, relaţii dintre părinţi şi descendenţii lor etc. În cadrul aceleiaşi populaţii, adesea formele relaţiilor se schimbă odată cu vîrsta indivizilor, trecînd de la neutralitate la concurenţă de pildă, sau de la luptă la cooperare etc. Dar, *indiferent de forma pe care o îmbracă toate aceste relaţii, trebuie apreciate după conţinutul lor, după semnificaţia lor biologică, adică după funcţia şi rolul lor în viaţa populaţiei ca sistem integru.*

Prin urmare, relaţiile intraspecifice, ca şi alte trăsături structurale şi funcţionale ale speciilor (populaţiilor), reprezintă adaptări şi, deci, rezultat al acţiunii selecţiei. Dar, ca orice adaptări, odată elaborate ele la rîndul lor influenţează sensul şi ritmul de desfăşurare a selecţiei. Deci, ele pot fi considerate în acelaşi timp efect şi cauză a selecţiei.

Faptul că individul este integrat ca subsistem în sistemul populaţional se reflectă în existenţa, în cadrul organizării indivizilor biologici, a programelor „pentru sine“ şi a programelor „superioare“ (vezi *Capit. 1.4.*). *Programele „pentru sine“* sînt menite să asigure desfăşurarea activităţilor individuale necesare existenţei normale a organismelor. La rîndul lor, *programele „superioare“* sînt cele care determină desfăşurarea activităţilor legate de asigurarea existenţei normale a populaţiei, în condiţiile concrete ale ecosistemului dat.

Relaţiile între cele două categorii de programe au un caracter contradictoriu, dialectic, reflectînd acest caracter al relaţiilor individ-populaţie. Contradicţia constă în faptul că modificările care se produc la un nivel nu sînt totdeauna şi în mod obligatoriu utile celuilalt nivel: variaţiile individuale adecvate sistemelor de acest nivel nu întotdeauna se dovedesc a fi folositoare populaţiei respective, după cum nici trăsăturile unei populaţii, necesare existenţei ei în anumite condiţii concrete, nu corespund totdeauna cu „interesele“ individuale. Caracteristica generală a rezolvării acestor contradicţii este că totdeauna primează „interesele“ sistemelor de ordin superior, deci, în cazul de faţă, al populaţiei, subordonînd şi coordonînd trăsăturile individuale cele mai diferite.

Privite, deci, de pe poziţiile concepţiei sistemice, relaţiile intraspecifice decurg din relaţiile ce apar în desfăşurarea celor două categorii de programe. Această abordare a problemei ne oferă posibilitatea şi a unei clasificări obiective a relaţiilor intraspecifice. Problema aceasta prezintă numeroase dificultăţi din cauza diversităţii şi complexităţii nesfîrşite a fenomenelor. De cele mai multe ori aceste relaţii sînt clasificate, după forma lor de manifestare, în relaţii de *neutralitate, concurenţă, luptă* şi *cooperare*. Este o clasificare nu numai formală şi subiectivă, dar nici nu

poate cuprinde toate formele relațiilor. Este formală, pentru că nu ține seama de conținutul, de semnificația și sensul biologic al relațiilor. În final ea duce la identificarea acestor relații cu cele interspecifice. Din acest punct de vedere nu există vre-o deosebire, de pildă, între „cooperarea" pelicanilor la prinderea peștilor și cooperarea între albine și plantele pe care le polenizează, sau între lupta dintre doi masculi de copitate și între un asemenea ierbivor și un lup. Este subiectivă, deoarece lasă aprecierea relațiilor, după forma lor, la bunul plac al observatorului.

Complexitatea faptelor arată că asemenea aprecieri nu sînt totdeauna ușor de făcut și pot varia de la autor la autor. De pildă, relațiile dintre puii de pește dintr-un cîrd de multe ori sînt apreciate ca reprezentînd o cooperare, deoarece stolul este mai bine apărat, găsește hrană mai ușor etc. Dar, totodată, găsind o sursă de hrană puii se bat pentru ea, cei mai slabi fiind eliminați. De aceea, pe drept cuvînt, aceste relații pot fi calificate drept concurente.

În sfîrșit, acest mod de clasificare nu reușește să cuprindă întreaga bogăție de relații intraspecifice, deoarece relații atît de importante ca acelea dintre sexe diferite, dintre indivizi de același sex, dintre părinți și descendenți, de cele mai multe ori nu se pot încadra în nici una din formele menționate.

O împărțire mai bună este aceea propusă de K. M. Zavadski (1961), care clasifică relațiile intraspecifice în *fundamentale* și relații intraspecifice *derivate*. Primele sînt cele care asigură nemijlocit reproducerea populației și menținerea nivelului ei numeric; cele derivate nu sînt legate nemijlocit de acești parametri.

Meritul esențial al acestei clasificări constă în faptul că, apreciind relațiile după conținut, respectiv după rolul lor în reproducerea speciei, înlătură formalismul în abordarea acestei probleme. Neajunsul principal constă în insuficienta delimitare a categoriilor, provenită din faptul că nu sînt bine lămurite conținutul, sensul biologic al relațiilor derivate, precum și numeroase cazuri în care este greu de spus ce este fundamental și ce este derivat.

Aplicarea consecventă a concepției sistemice face posibilă o clasificare care să reflecte mai complet conținutul lor. Din acest punct de vedere distingem două categorii de relații: a) relații intraspecifice ce decurg din desfășurarea unor programe „pentru sine"; b) relații intraspecifice ce decurg din desfășurarea programelor „superioare".

Relații intraspecifice ce decurg din programele „pentru sine". Acest fel de relații izvorăsc din necesitatea de supraviețuire a indivizilor, a organismelor individuale, în condițiile concrete ale mediului lor. Nu toate programele „pentru sine" (vezi *Capit. 1.4.*) se reflectă în mod necesar în relațiile intraspecifice. Sub acest aspect cele mai importante sînt relațiile *trofice* care decurg din necesitățile de procurare a hranei și relațiile *de protecție*, de apărare contra unor factori abiotici sau biologici ai mediului.

Agregările indivizilor la diferite specii vegetale și animale au adesea rol trofic sau (și) de apărare. Este bine cunoscut, de pildă, că într-un grup de copaci se menține o mai mare umiditate a aerului și a solului, crește rezistența opusă vîntului și forței de eroziune a apelor, deși în aceste condiții nu se realizează optimum fiziologic al fiecărui individ în parte. Adesea plantele după germinare, luate individual, nu pot străbate crusta de

la suprafața solului. Dacă sînt în grup reușesc să răsară și să crească normal, deși, după aceea, între indivizii grupării începe concurența pentru condiții de viață (apă, lumină).

În unele împrejurări s-a putut arăta că agregarea creează o anumită concentrație a substanțelor ectocrine cu rol de apărare a teritoriului. Aglomerările unor alge planctonice sînt astfel evitate de consumatorii lor; pe suprafețele ocupate de unele plante ca, de exemplu, pelinul, nu pot pătrunde alte plante din cauza absintinei eliminată în sol.

Viața în cîrduri a multor organisme planctonice este bine cunoscută. Cîrduri compacte de cladoceri se pot ușor observa în timpul verii în diferite ape continentale stătătoare. Menționăm acest caz pentru că aici apare deosebit de evident rolul de apărare al cîrdului. Într-adevăr, mulți cladoceri dulcicoli se reproduc vara partenogenetic, deci nu necesitățile reproducerii sînt cele ce determină formarea cîrdurilor și nici cele de nutriție, deoarece, în cîrd, evident cantitatea de hrană pe individ este mai mică. De altfel, prin observații directe s-a putut stabili că puii de pești evită cîrdurile compacte de cladoceri.

Adesea cîrdurile au funcții mixte: de apărare și nutriție. Astfel, cîrdurile puietului de pești și chiar a multor pești adulți servesc drept un bun mijloc de apărare dar, în acelaș timp, înlesnesc găsirea hranei, deși, odată găsită sursa de hrană, indivizii adesea se bat pentru ea. Viața în cîrd duce la dezvoltarea unor anumite comportamente, instincte gregare și uneori chiar la apariția, la unele specii de pești, a unor trăsături morfologice (desen, pete), care permit o mai ușoară recunoaștere reciprocă a indivizilor și, deci, menținerea cîrdului (G. N. Nikolski). Experiențe efectuate pe puietul de somn au arătat că puii izolați, deși au la dispoziție hrană suficientă, cresc mai slab, sînt mai puțin activi decît cei din cîrd. Aceasta arată că viața în cîrd se reflectă și asupra desfășurării programelor „inferioare", a modului de asimilare a hranei, a echilibrului energetic al indivizilor.

Viața în stoluri a multor păsări (vrăbii, grauri etc.) are în același timp rol de apărare și de nutriție. Hrănirea în colective organizate a pelicanilor, „colaborarea" la pescuit a cormoranilor, ilustrează rolul trofic al agregărilor. Viața în turme organizate a multor mamifere ierbivore are în același timp funcție trofică și de apărare.

Migrațiile cu caracter trofic — în căutarea resurselor de hrană — cunoscute la multe animale (insecte, pești, păsări) duc la formarea de agregări, la dezvoltarea unor instincte și mijloace de orientare, de găsire a locurilor de hrănire.

Satisfacerea necesităților trofice duce uneori la apariția unor forme de canibalism. Ihtiologii arată că în unele împrejurări o serie de specii (bibanul, știuca etc.) reușesc să se mențină în bazinele respective numai datorită faptului că se pot hrăni cu propriul lor puiet.

Viața solitară a multor animale răpitoare (pești, mamifere), apărarea teritoriului de nutriție (determinînd anumite forme a relațiilor intraspecifice) reprezintă, de asemenea, consecința satisfacerii necesităților de nutriție.

Uneori activitatea în grup apare ca o formă de organizare necesară supraviețuirii în condiții vitrege. De pildă, reglarea temperaturii stupului

este efectuată prin activitatea unui mare număr de albine; crapii se adună în cantități mari în locurile de iernare.

Fără a insista asupra diferitelor cazuri particulare, se poate spune că cele mai diferite forme de concurență intraspecifică pentru resursele nutritive (hrană, apă, lumină), pentru spațiu, adăpost, apărare, protecție față de diferiții factori abiotici sau biologici se pot încadra în această categorie de fenomene.

Relații intraspecifice care decurg din desfășurarea programelor superioare. Această categorie de relații intraspecifice decurge din rolul indivizilor în viața grupului, a populației sau a speciei, din funcțiile caracteristice pe care le îndeplinesc indivizii și care au menirea să asigure menținerea și prosperitatea speciei.

Asemenea funcții, în mod normal, nu pot fi îndeplinite de indivizi izolați ci doar prin interacțiunea unui număr mai mic sau mai mare de organisme. În esență, asemenea funcții nu pot fi îndeplinite decît în populații. Este vorba de *funcția de reproducere, funcția de reglare a nivelului numeric* (mai precis a densității) al populației, *funcția de reglare a structurii* (fenotipice și genotipice) populației.

Funcțiile menționate sînt de importanță primordială pentru existența populațiilor și rareori se pot separa între ele. În mod obișnuit, în viața populației și a indivizilor ele se completează, se intrepătrund, interacționează, reprezentînd importante și complexe adaptări ale populației.

Un mare număr de fapte ilustrează diversitatea nesfîrșită și efectele biologice ale acestor relații. Ne vom limita la ilustrarea doar a celor mai importante categorii.

Astfel, unele relații sînt menite *să pregătească desfășurarea reproducerii* în condiții optime, ducînd la selectarea reproducătorilor, la pregătirea stării lor fiziologice etc.

Aceste relații afectează cele mai diferite trăsături fiziologice, morfologice, comportamentale ale indivizilor.

De pildă, selecția sexuală — formă a selecției intraspecifice legată de reproducere (vezi *Capit. 5.2*) — a dus la elaborarea caracterelor morfologice și comportamentale legate de relații dintre masculi: relații de luptă (care adesea capătă caracter de turnir); impresionarea, sperierea, intimidarea unor masculi de către alții; comportamente de rivalitate. Față de femele, masculii adesea își etalează unele trăsături, cu rostul de a impresiona femelele, de a le aduce în stare de excitare pregătitoare reproducerii. La multe specii s-au dezvoltat mijloace care înlesnesc întîlnirea celor două sexe ca, de pildă, semnale luminoase (licurici), cîntece, mirosuri etc. Faptele citate arată că unele din aceste relații sînt legate de dezvoltarea, la unii indivizi, a unor caractere de diferite naturi sub influența activității organelor de simț, a „psihicului“ altor indivizi din aceeași specie. Ele se încadrează în categoria caracterelor *allestetice* (Huxley, 1938).

Caracterele allestetice, ca și cele sexuale secundare (perigamice — L. S. Davitașvili, 1961), fiind corelate în funcționalitatea lor de sistemul nervos (cu activitatea psihică a animalelor), evident că apariția lor în cursul evoluției este legată de o anumită treaptă în evoluția sistemului nervos, iar evoluția lor, ca și a relațiilor intraspecifice astfel generate, sînt indisolubil conexate cu evoluția activității nervoase.

Se pare că moluştele cefalopode reprezintă primul grup în seria nevertebratelor la care apar caractere sexuale secundare — colorit, comportament, structuri. Paleontologul L. S. Davitaşvili este de părere că ornamentele cochiliei unor amoniţi jurasici şi cretatici aveau caracter perigamic.

Sensul evoluţiei caracterelor perigamice este acela de a deveni cît mai economice, de a nu spori prea mult riscurile şi, deci, pierderi de indivizi şi, totodată, de a deveni mai eficiente. După cum arată paleontologul citat, la grupe întregi de reptile, cum erau pelicosaurii cu imense creste dorsale susţinute de puternici spini, stegosaurii cu plăci dorsale uriaşe etc. aceste trăsături permanente, rigide, greoaie, s-au putut dezvolta în lipsa controlului din partea altor specii şi în urma dezvoltării relativ slabe a sistemului nervos, deci a activităţii psihice căreia i se adresau. Ne dăm seama de aceasta dacă le comparăm cu trăsăturile allestetice ale păsărilor (penele ornamentale, cozile, aripile, crestele, care, pe lîngă faptul că sînt uşoare, capătă adesea anumite forme şi culori numai în perioada de reproducere, sînt mobile, permit etalarea lor demonstrativă în faţa femelelor sau a rivalilor în perioada de reproducere doar în momente potrivite).

În aceeaşi categorie de fenomene, care preced reproducerea propriuzisă şi o pregătesc, intră diferite forme de *agregări*, permanente sau temporare. Aici se pot încadra, de pildă, roirile în masă ale unor insecte. Asemenea fenomene sînt caracteristice de pildă insectelor la care adulţii au viaţa de scurtă durată. Roiurile pot cuprinde ambele sexe (ex.: efemeropterele) sau numai un sex ca, de pildă, masculii de chironomide, la care femelele nu formează roiuri. La insectele coloniale roirile au un caracter şi mai complex.

La vertebrate asemenea agregări pot avea uneori caracter permanent (unele specii de păsări, mamifere la care există poligamia); adesea agregările se formează doar în perioada premergătoare şi sînt legate de migraţii masive (unii peşti, unele păsări). La multe specii se formează perechi (familii) doar în perioada de reproducere (păsări, mamifere) şi acest proces are un caracter selectiv.

La multe animale formarea unor asemenea agregări prereproductive este legată de numeroase şi variate *obiceiuri* — lupte între masculi, jocuri nupţiale, diferite forme de „curtare" a femelelor etc.

O altă categorie de relaţii este legată de *împerechere şi fecundare*. Aici se pot încadra atît relaţiile dintre indivizi în procesul încrucişărilor, cît şi relaţiile dintre gameţi.

Astfel, la animale, se cunosc multe exemple care arată caracterul selectiv al încrucişărilor. Unele au fost verificate experimental. De pildă, la *Drosophila melanogaster*, într-o populaţie cu indivizi normali (tip sălbatic) şi cu mutante cu achi albi („white"), încrucişarea femelelor de ambele categorii se produce selectiv cu masculii de tip sălbatic.

La unele hemiptere acvatice apar, în interiorul aceleiaşi specii, forme macroptere (normale) şi altele brachiptere (genurile *Limnotrechus, Microvilea, Hydrometra*). Încrucişarea se produce selectiv, fie între brachiptere, fie între macroptere (deci homogam).

La *Hydrometra stagnorum* de pildă, încrucişarea este strict homogamă, formele macroptere neîncrucişîndu-se deloc cu cele brachiptere.

Selectivitatea încrucişărilor şi a formării de perechi reproductive reprezintă, probabil, un fenomen mult mai larg răspîndit decît este cunoscut în momentul de faţă.

Aceeaşi categorie de relaţii cuprinde fenomenele şi procesele care asigură anumite relaţii între gameţi: asigurarea transportului gameţilor masculi pînă la ovule (de exemplu, diferitele modalităţi de polenizare), anumite raporturi numerice între gameţii masculi şi femeli, selectivitatea fecundaţiei, mecanisme morfo-fiziologice care împiedică de pildă fecundaţia la plantele apomictice pseudogame, mecanisme genetice care protejează combinaţii genice deosebit de utile, de pildă prin inversiuni cromozomice (vezi *Capit. 3.4*) etc.

În sfîrşit, o a treia formă de relaţii legate de desfăşurarea programului „superior" o constituie *relaţiile dintre generaţii,* deci relaţii ce apar în urma împerecherii.

Aici se poate încadra „grija" părinţilor de a depune ouăle (pontele) pe un anumit substrat necesar dezvoltării normale a larvelor, puilor (ouăle depuse de insecte pe anumite plante, cu care se hrănesc larvele; pontele depuse de peşti în anumite zone cu plancton bogat, ferite de pericolul împotmolirii sau al altor factori etc.). Adesea, în vederea realizării acestei necesităţi, populaţiile de adulţi efectuează migraţii depărtate (de exemplu, peşti, păsări).

În faza următoare se dezvoltă relaţii legate de protecţia pontei care, adesea, capătă forme active. La unii peşti *(Cichlidae)* ponta este păstrată, ca şi puii, pînă la o anumită vîrstă, în gura masculului; masculul de *Gasterosteus* păzeşte ponta depusă în cuib de una sau mai multe femele; corcodelul *(Podiceps)* îşi acoperă ponta cu plante acvatice atunci cînd pleacă de pe cuib; construirea de cuiburi bine adăpostite etc.

Grija faţă de urmaşi — fenomen esenţial în viaţa speciilor — capătă forme foarte diferite care evoluează şi se perfecţionează pe măsura evoluţiei speciilor. Ea se manifestă prin creşterea cantităţii de rezerve nutritive din seminţele plantelor (asigurînd primele etape ale dezvoltării viitoarei generaţii) ori din ouă. Această grijă trece apoi la dezvoltarea progeniturii în corpul matern (viviparitatea), capătă apoi forme active, cum este clocitul, hrănirea larvelor, a puilor, „educarea" lor, apărarea lor etc. La insectele coloniale formele de îngrijire şi apărare a progeniturii (ouă, larve) sînt deosebit de complexe, privind hrănirea, păstrarea unei anumite temperaturi, umidităţi etc.

În desfăşurarea acestor procese apar numeroase adaptări congruente între părinţi şi descendenţi, adaptări morfofiziologice sau comportamentale. Astfel, la marsupiale, puii, aşezaţi în marsupiu, concresc cu mamela femelei în perioada de alăptare; la placentare se dezvoltă placenta care asigură relaţiile de nutriţie ale descendentului cu organismul matern; comportamentul nidicol sau nidifug (legat la multe păsări de gradul de dezvoltare al puilor) şi fenomene asemănătoare la o serie de mamifere (de exemplu, iepurii de cîmp şi de vizuină) intră în aceeaşi clasă de fenomene.

Aşa cum putem vorbi de formele pasive de grijă faţă de descendenţi (depunerea ouălor pe anumite substraturi, creşterea cantităţii de resurse nutritive etc.), tot astfel putem vorbi în unele cazuri şi de grija stadiilor

juvenile față de generația care va apare. Acest fapt este evident la unele grupe de insecte la care adulții nu se hrănesc (efemeroptere, chironomide dintre diptere etc.) în care caz faza larvară acumulează rezerve nutritive necesare întregii activități viitoare ca adult, inclusiv dezvoltării ouălor cu rezervele lor nutritive.

Interacțiunea programelor „pentru sine" cu programele superioare și relațiile care decurg din ea. Ambele categorii de relații intraspecifice analizate anterior se află în permanentă interacțiune și separarea lor are totdeauna un caracter mai mult sau mai puțin forțat. Într-adevăr, desfășurarea în condiții optime a programelor „pentru sine", de pildă a nutriției, a apărării individuale etc. are repercusiuni importante asupra reproducerii indivizilor, asupra prolificității lor, deci asupra programelor superioare. Tot astfel, desfășurarea programelor superioare, a obiceiurilor legate de reproducere, a mecanismelor de reglare a numărului, a structurii populațiilor, se repercutează în mod complex asupra existenței, activității, dezvoltării individuale.

Deși cele două categorii de relații nu există niciodată în formă pură, deoarece aceasta ar însemna ruperea indivizilor din sînul populației în care trăiesc, în unele împrejurări predomină una sau alta din cele două forme ale relațiilor, ceea ce și justifică în mod obiectiv categoriile menționate.

Interacțiunea celor două categorii de programe generează numeroase categorii de fenomene și procese legate de reproducere, de reglarea densității, a structurii populațiilor și în care se manifestă adesea în modul cel mai pregnant caracterul contradictoriu al relațiilor intraspecifice și întreaga complexitate a corelațiilor dintre trăsăturile caracteristice ale speciilor și ale indivizilor.

Unele din efectele selecției sexuale ilustrează cum nu se poate mai bine acest fel de relații. La grupele de animale la care se manifestă selecția sexuală (crustacee, insecte, arahnide, diferite grupe de vertebrate) se cunosc numeroase trăsături fiziologice, morfologice, comportamentale, allestetice, perigamice (coarne, colți, creste, pene, culori, dansuri, cîntece, mirosuri) sau alte mijloace menite să impresioneze pe alți indivizi de același sex sau de sex opus.

Adesea unele din aceste caractere capătă o dezvoltare remarcabilă, „exagerată" după părerea unor autori, și sînt calificate drept „*hipertelii*", adică trăsături al căror grad de dezvoltare depășește utilitatea lor.

Darwin a fost primul care a scos în evidență faptul că diferite caractere sexuale secundare sporesc pericolele la care sînt expuși indivizii purtători. Astfel, cozile foarte dezvoltate la unele păsări formînd adevărate trene, penele adesea „exagerat" de lungi, coarnele sau colții de dimensiuni impresionante pot deveni incomode, jenante pentru mișcările „normale" ale animalelor, sporind riscurile în fața dușmanilor. Dezvoltarea unor asemenea organe implică o mare cheltuială de substanță și energie. Ar fi greșit dacă am vedea în ele doar latura dăunătoare, cunoscînd cu cîtă economie se desfășoară în general toate procesele fiziologice într-un organism. Aceleași efecte de sporire a riscurilor individuale le au cîntecele masculilor, mirosurile, culorile bătătoare la ochi. Asemenea trăsături trădează ușor prezența animalelor în loc să le ascundă de dușmani. La aceasta trebuie adăugate anumite comportamente perigamice,

lupte, dansuri etc. ce se manifestă adesea cu o mare înverşunare şi care fac ca mulţi indivizi să-şi piardă prudenţa lor obişnuită, căzînd mai uşor pradă duşmanilor.

Toate aceste aspecte ale trăsăturilor amintite apar ca negative, dăunătoare, numai dacă le privim de pe poziţiile individului, prin prisma „intereselor" individuale, ele fiind în dezacord cu programul „pentru sine" al oricărui organism. Dacă însă le privim prin prisma valorii lor pentru viaţa speciei, ne dăm seama de rolul lor pozitiv, de faptul că ele asigură desfăşurarea în condiţii cît mai apropiate de optimum a programului superior al sistemului speciei din care fac parte indivizii respectivi.

Prin urmare, dezvoltarea acestor caractere sau comportamente „hipertelice", cu întregul complex de relaţii intraspecifice pe care le implică, se explică prin utilitatea lor pentru specie (populaţie), deşi determină sporirea riscurilor şi pierderilor individuale. Selecţia, în acest caz, sexuală, acţionînd la nivelul sistemului populaţional (al speciei), a dus la dezvoltarea caracterelor utile în primul rînd menţinerii acestui sistem, venind adesea în contradicţie cu „interesele" individuale.

La unele specii relaţiile legate de reproducere sînt, în anumite momente, extrem de acute, soldîndu-se cu pierderi mari de indivizi. La multe specii de insecte masculii mor după împerechere iar femelele după depunerea pontei. La anelidul *Polygordius epicotus*, dezvoltarea ovulelor se face pe seama fagocitării organelor interne din organismul matern, iar eliberarea ouălor se face prin ruperea corpului. În mod asemănător se desfăşoară acest proces la un alt anelid din genul *Eunice*, cunoscut în Pacific sub numele de *„palolo"*. Moartea în masă, după reproducere, se cunoaşte şi la specii de peşti. În alte împrejurări necesităţile reproducerii duc la apariţia unor forme de canibalism, ca în cazul unor specii de mantide la care femela îl devorează pe mascul în timpul împerecherii, rezolvînd nevoia de substanţe proteice necesare maturării ouălor; masculii de *Cryptobranchus alleghaniensis* păzesc ponta dar se hrănesc cu ea. Asemenea obiceiuri există şi la alte grupe de animale.

Uneori asemenea comportamente „hipertelice" sînt legate nu direct de reproducere ci de un alt program superior, la fel de important, şi anume de reglarea numărului de indivizi (a densităţii) în raport cu sursele de hrană. Forme de canibalism — ca la coleopterul *Calandra oryzae* sau la *Tribolium confuzum* — apar cînd populaţia realizează o densitate critică.

Reglarea numărului de indivizi, după cum s-a arătat în acest capitol, afectează numeroase aspecte ale vieţii individuale: succesiunea la hrană a puilor de diferite vîrste, prolificitatea, longevitatea, teritorialitatea, ducînd la alungarea tinerilor din colonii, efecte „hipertelice" ale stressului, forme speciale de canibalism (ca la unele insecte parazitoide) etc.

Cu ocazia analizei polimorfismului au fost arătate o serie de mecanisme genetice şi ecologice de reglare a structurii polimorfe a populaţiilor, a proporţiilor dintre diferitele categorii de indivizi, a anumitor regimuri de încrucişări etc. În această categorie de fenomene, legată de reglarea structurii populaţiei, s-ar putea încadra, probabil, şi existenţa la unele specii de infuzori a rasei de „ucigaşi" (killers), care-şi omoară partenerul de altă rasă în timpul conjugării.

CAPITOLUL 7

SPECIAȚIA

Speciația sau apariția de *specii noi* este procesul esențial al evoluției biologice. El cuprinde atît *transformarea* unei specii în alta cît și desfacerea unei specii în două sau mai multe specii noi, deci *multiplicarea* speciilor.

7.1. CARACTERIZAREA GENERALĂ A PROCESULUI SPECIAȚIEI

La grupe diferite de plante și de animale procesul speciației se poate desfășura în moduri diferite și caracteristice, dar în toate cazurile există unele trăsături comune, esențiale.

1. Speciația reprezintă o *transformare evolutivă* și, totodată, *adaptativă* a unor populații sau a unor grupări de populații (unități suprapopulaționale — rase, subspecii). Această caracteristică este urmarea acțiunii selecției naturale.

2. Speciația este un *proces supraindividual,* în sensul că el afectează mase, grupări de indivizi, unități supraindividuale. Consecința acestui fapt este desfășurarea lui treptată, pe măsura cuprinderii unui număr tot mai mare de indivizi în succesiunea generațiilor și a realizării treptate a tuturor trăsăturilor caracteristice ale speciei. De aceea, speciația nu se poate produce brusc, printr-un salt neașteptat.

Desfășurarea generală, schematizată a speciației constă în aceea că, pe măsura răspîndirii speciei, a ocupării de noi teritorii sau a pătrunderii în noi condiții ecologice pe un același teritoriu, specia se diferențiază în noi populații sau unități suprapopulaționale.

În diferite populații, aflate în condiții particulare fiecăreia, selecția naturală va acționa în sensuri și cu intensități diferite, ducînd treptat la dezvoltarea adaptărilor care să asigure existența de sine stătătoare a acestor grupări (constituirea unui anumit patrimoniu genetic, creșterea numărului indivizilor și menținerea nivelului numeric prin dezvoltarea unor mecanisme proprii de reglaj, dezvoltarea capacității de concurență necesară menținerii teritoriului, stabilirea unei anumite structuri organizatorice și a mecanismelor de menținere a ei etc.).

În mod obișnuit, unitățile infraspecifice nu sînt complet izolate unele de altele, astfel încît între ele se pot produce schimburi de indivizi mai mult sau mai puțin intense și încrucișări libere. Aceasta face ca în procesul de diferențiere progresivă a populațiilor să se manifeste două pro-

cese, două tendințe contradictorii: a) tendința de *integrare* a unităților constînd în aceea că prin schimbul de indivizi între populații diferite și încrucișări se întreține un flux genetic, un schimb de informație genetică, mai mult sau mai puțin continuu și intens. Se consideră că acest schimb tinde să uniformizeze populațiile respective și întîrzie sau împiedică diferențierea lor; b) tendința de *diferențiere*, de adaptare tot mai avansată la condițiile locale, proprii fiecărei populații sau altei unități suprapopulaționale. Cei mai mulți biologi actuali consideră că, pe măsura diferențierii, a individualizării populațiilor, deci a formării ecotipilor, a raselor, subspeciilor, fluxul genetic între unități slăbește treptat, pînă cînd la un moment dat el se întrerupe, intervenind izolarea reproductivă a unității date față de restul unităților ce făceau parte din specia inițială. Din acest moment se consideră că unitatea, izolată reproductiv, iese pe un drum evolutiv propriu, putînd reprezenta o nouă specie.

Care este rolul selecției în realizarea celor două tendințe și, deci, în procesul speciației?

Unii biologi, ca de pildă E. Mayr (1963), consideră că existența fluxului genetic, împiedicînd realizarea izolării reproductive, nu permite formarea de noi specii: atîta timp cît persistă acest schimb de informație genetică nu se poate vorbi de apariția unei noi specii deoarece, prin definiție, speciile sînt izolate reproductiv unele de altele.

Problema este de o deosebită importanță principială și trebuie examinată mai atent. Dacă se admite că întregul proces al speciației are caracter adaptativ și se desfășoară sub acțiunea selecției, atunci trebuie admis că în mod necesar selecția va controla ambele procese, adică atît fluxul genetic cît și diferențierea.

Fluxul genetic între unități nu reprezintă o forță, un factor în afara selecției și nici opus selecției. Din contră, schimbul de informație genetică între populații sau alte unități suprapopulaționale reprezintă o sursă importantă a variabilității, deci de sporire a plasticității populaționale și a capacităților adaptative. De aceea, în procesul de care ne ocupăm, important nu este fluxul genetic în sine, care prin simpla lui existență ar putea împiedica speciația: important este *rezultatul*, *efectul* acestui schimb genetic, ceea ce rezultă din el pentru populație. Ori tocmai acest efect este controlat de selecție. În cazul cînd combinările și recombinările genetice, ca urmare a schimburilor dintre populații, se vor dovedi utile, deci adaptative pentru una sau alta din populații, atunci ele vor fi încurajate de selecție în sensul că se va tinde spre generalizarea acestor efecte. Dacă, din contră, acest rezultat se va dovedi negativ, atunci schimbul va fi limitat, iar generalizarea variațiilor stăvilită prin eliminarea mai mult sau mai puțin intensă a descendenților.

De asemenea, trebuie subliniat că nu este obligatoriu ca populațiile sau alte unități infraspecifice, mergînd pe calea diferențierii crescînde, să iasă din cadrul speciei date, să se transforme într-o specie nouă. Fiind controlat de selecție, procesul va decurge atît cît este util, cît o impun necesitățile adaptării. Așa se explică faptul că în cele mai multe cazuri rasele sau subspeciile persistă în această stare timp nedefinit și numai în unele cazuri, relativ rare, unele din aceste unități se transformă în noi specii.

Din analiza aceasta putem conchide că evoluția unităților infraspecifice desfășurîndu-se sub controlul selecției nu are drept scop nici izolarea lor nici producerea de specii noi, doar realizarea stării de optimă adaptare. Dacă realizarea acestei stări o impune, atunci se pot produce și izolarea și transformarea speciei. În orice caz, izolarea apare ca un moment important în procesul speciației și, de aceea, o vom examina separat.

7.2. IZOLAREA, ROLUL ÎN SPECIAȚIE ȘI FORMELE EI

Izolarea și rolul ei în speciație. Toți biologii care s-au preocupat de această problemă sînt de acord că izolarea reproductivă are rol în procesul speciației. Dar există însemnate divergențe de păreri cu privire la rolul concret al izolării.

Problemele esențiale care-i despart pe biologi sînt în primul rînd dacă izolarea este factorul obligatoriu al speciației, factor fără de care speciația nu poate avea loc și, în al doilea rînd, cînd intervine izolarea: precede procesul speciației, se produce chiar din primele momente sau se poate produce pe parcurs?

Într-adevăr, dacă izolarea este factorul obligatoriu în speciație și trebuie să preceadă speciației sau să intervină în primele momente ale acesteia, înseamnă că speciația nu poate fi decît alopatrică. Cu alte cuvinte, pentru a ieși pe calea speciației, una sau alta din unitățile infraspecifice mai întîi trebuie să ajungă în stare de izolare reproductivă (spațială, fiziologică etc.), care în acest fel devine factorul fundamental al speciației.

Această concepție a caracterului pur alopatric al speciației a fost susținută inițial de M. Wagner, contemporan cu Darwin. Autorul citat a formulat *teoria migrațiilor*, în care susține că pentru a se produce speciația este necesar ca o parte din reprezentanții unei specii să migreze pe un alt teritoriu, izolat de cel inițial, deoarece altfel orice variații individuale care ar tinde să producă divergență de caractere, deci început de diferențiere, ar fi absorbite și uniformizate prin încrucișări intraspecifice.

O serie de biologi actuali se situează pe poziții asemănătoare (E. Mayr, P. Bănărescu etc.). În felul acesta, izolarea reproductivă determinată fie prin factori geografici, fie prin cei fiziologici sau de altă natură, apare ca o condiție pentru desfășurarea selecției și, deci, a evoluției.

Față de această părere se ridică unele obiecții care, fără să nege rolul izolării în procesul speciației, arată că el nu trebuie exagerat. Încă în secolul trecut, Darwin a demonstrat în mod strălucit că procesul reproducerii sexuate reprezintă una din cele mai importante adaptări ale lumii vegetale și animale și este *rezultatul* acțiunii selecției. Lipsa sau dispariția procesului sexual la formele uniparentale (agame) reprezintă și ele adaptări specifice ale unor grupe de viețuitoare. Ca atare, nici încrucișarea, nici lipsa de încrucișare nu condiționează acțiunea selecției, deși ca orice adaptare gata elaborată pot influența modul (sensul, ritmul) ei de desfășurare.

Fenomenele de polimorfism populațional (atît polifenism, cît și polimorfism s. str.) demonstrează că diferențierile din interiorul populațiilor

pot apare şi se pot dezvolta pînă la limitele optime la care apoi se pot menţine timp nedefinit, fără să intervină vreun mecanism special de izolare. Aceste diferenţieri reprezintă importante adaptări populaţionale (vezi *Capit. 6.3)*.

Desfăşurarea selecţiei şi a evoluţiei adaptative nu presupune, nu implică în mod obligatoriu nici izolare, nici vre-o formă specială a reproducerii. Aceasta ne duce la concluzia că evoluţia şi speciaţia se pot desfăşura şi simpatric, deci fără izolarea prealabilă.

Concluzia care se impune este aceea că nici calea alopatrică, nici cea simpatrică nu trebuie absolutizate şi ele nu se exclud. Rolul izolării nu poate fi negat, dar nu trebuie nici exagerat. Izolarea, în unele cazuri, poate interveni chiar de la început, precedînd speciaţia, după cum în alte cazuri speciaţia poate să înceapă fără izolare prealabilă şi aceasta să intervină ulterior, grăbind desăvîrşirea speciaţiei.

Formele de izolare. Formele şi mecanismele prin care se realizează pot fi variate şi le putem grupa în două categorii mari:

I Formele de izolare care împiedică producerea încrucişărilor.
1. Izolare geografică (spaţială).
2. Izolare ecologică:
   a) izolare datorată populării de habitate diferite;
   b) izolare datorată maturării sexuale în perioade diferite.
3. Izolare etologică.
4. Izolare morfo-fiziologică ce împiedică încrucişarea, datorită incompatibilităţii structurale sau funcţionale a organelor reproducătoare.

II. Forme de izolare, care prin mecanisme fiziologice, genetice, biochimice determină izolarea genetică, sterilitatea hibrizilor, lipsa lor de viabilitate sau chiar incompatibilitatea gameţilor.

7.2.1. FORME DE IZOLARE CARE ÎMPIEDICĂ ÎNCRUCIŞAREA

Izolarea geografică *(spaţială)*. Această formă de izolare se datorează existenţei sau apariţiei la un moment dat a unor „bariere" geografice sau de altă natură, care duc la fragmentarea arealului unor specii. Populaţiile izolate în acest fel, aflîndu-se în condiţii mai mult sau mai puţin diferite, evoluează pe căi proprii.

Barierele pot fi diferite, iar funcţia de barieră depinde nu numai de bariera în sine dar şi de natura speciei la care ne referim, mai ales de mobilitatea speciilor, de mijloacele lor de răspîndire.

O mare, întinderea vastă a unui ocean etc. sînt bariere de netrecut pentru numeroase specii de plante şi de animale, chiar şi pentru multe specii foarte mobile, cum sînt păsările. Un braţ de mare sau un istm reprezintă, de asemenea, bariere importante. Un lanţ de munţi, întinderea unui deşert etc. despart adesea formaţiuni floristice şi faunistice diferite.

Pentru unele organisme puţin mobile (ca, de exemplu, moluştele terestre) o vale care desparte două masive muntoase sau, din contră, o coamă de deal care desparte două văi sau cursul unui rîu, pot deveni bariere greu de trecut. Barierele spaţiale pot fi reprezentate însă şi prin anumite biocenoze în care lipsa unor specii nutritive sau, din contră, pre-

zența unor dușmani periculoși pot împiedica traversarea spațiului dat de către reprezentanții unei specii și să fie, deci, bariere de netrecut.

Diferite evenimente geologice sau geografice pot determina fragmentarea arealelor unor specii. Astfel, formarea unor insule continentale prin fragmentarea unei părți a unui continent duce la izolarea unor populații insulare. Ridicarea uscatului pe un anumit teritoriu poate duce la fragmentarea unor mări interioare sau a unor lacuri mari în bazine mai mici, cu faunele și florele lor izolate.

Insulele vulcanice sau coraligene din largul oceanelor reprezintă biotopi care sînt populați prin imigranți pătrunși mai mult sau mai puțin întîmplător și care întemeiază acolo noi populații și biocenoze izolate. Un lac, adesea un izvor, un masiv de pădure în mijlocul unei cîmpii se pot asemăna, într-un fel, cu niște insule ale căror populații trăiesc în izolare.

Peșterile reprezintă biotopi izolați între ei, în care odată stabilită o populație sau o biocenoză evoluează în izolare aproape totală de cele ale altor peșteri.

Aceste cîteva exemple ne arată că izolarea geografică poate avea aspecte diferite și ea nu reprezintă un fenomen rar ci, din contră, pe o scară mai mare sau mai mică, reprezintă una din formele cele mai frecvente ale izolării care contribuie la desfășurarea procesului speciației.

Vom ilustra cele spuse prin cîteva exemple. Astfel, separarea Americii de Nord de continentul Eurasiatic a dus la fragmentarea arealelor a numeroase specii care, pînă atunci, populau nestingherit uscatul comun. Aceasta a dus la o diferențiere mai mult sau mai puțin avansată a populațiilor izolate pe cele două continente separate. Multe din ele sînt considerate specii bune. De pildă castorul pe teritoriul eurasiatic a devenit *Castor fiber*, iar în America de Nord *Castor canadensis* și *C. subauratus*. Speciile se deosebesc prin dimensiunile animalelor (cel eurasiatic este mai mare), prin colorit. Mărturia originii lor comune stă, printre altele, în existența unui parazit extern, comun speciilor de castor — coleopterul orb *Platypsyllus castoris*. Același eveniment a despărțit arealul bizonului. Originea comună a bizonului american și a celui european o atestă și faptul că speciile se pot încrucișa și dau urmași fertili. La fel pantera afro-asiatică, pînă nu de mult și europeană, este îndeaproape înrudită cu jaguarul american, cu care se poate încrucișa dînd descendență fertilă, fapt care dovedește că cele două specii erau inițial una, care se întindea pe un areal comun, înainte de despărțirea Americii de Nord.

Un alt exemplu foarte sugestiv este cel al istmului Panama, care din pliocen a despărțit fauna și flora Atlanticului de aceea a Pacificului. Faptul că înainte de acest eveniment fauna celor două oceane în zona respectivă era omogenă o demonstrează marea asemănare, înrudirea foarte apropiată a speciilor din numeroase grupe mari — celenterate, viermi, echinoderme, moluște, crustacei, pești. Numeroase specii sînt chiar aceleași de o parte și de alta a istmului, iar numeroase altele formează perechi de specii apropiate, îndeaproape înrudite, separate prin istm. Astfel, sînt circa 300 specii de pești la est de Panama, foarte asemănătoare cu alte circa 300 specii la vest de istm. Diferențe foarte mici permit cu greu deosebirea diferitelor specii de echinoderme, moluște, viermi de ambele părți ale istmului. Diferențierea speciilor s-a produs mai ales datorită faptului

că apariția istmului a determinat schimbarea destul de marcantă a unor condiții de viață (adîncimea, natura fundului, natura curenților etc.).

Un exemplu tipic al fragmentării arealelor și a consecințelor complexe ale acestui fenomen îl prezintă bazinele mărilor Neagră, Azov, Caspică, Aral (așa-numitul bazin ponto-aralo-caspic). În terțiar, și anume în miocen, un vast teritoriu dintre Europa Centrală (cam din zona orașului Viena) pînă la actuala Mare Aral era ocupată de bazinul unic al Mării Sarmatice. Spre sfîrșitul terțiarului această mare și-a redus întinderea și apoi s-a fragmentat dînd naștere bazinelor actuale.

Acest trecut explică o serie de trăsături comune atît hidrologice, fizice, chimice, cît și biologice privind componența faunei. Dar fragmentarea bazinului unic, legăturile mărilor componente cu alte bazine maritime, influența diferită a fluviilor care se varsă în fiecare din ele au dus la diferențieri importante atît în ceea ce privește mediul fizic, cît și faunele lor. Toate mările acestui bazin au o salinitate scăzută față de aceea a oceanului planetar (35‰).

Marea Neagră are salinitatea medie de 17—18‰, deci cam jumătate din salinitatea mărilor normale.

Fluviile care se varsă în partea de Nord-Vest a M. Negre (Dunărea, Nistrul, Niprul, Bugul) îndulcesc considerabil apele din această zonă, permițînd existența unei serii întregi de specii de apă dulce. Formarea legăturii cu M. Mediterană (prin Bosfor, Dardanele, Marea Marmara) a adus schimbări fundamentale în condițiile de viață ale M. Negre. Apele mai sărate și mai dense ale M. Mediterane pătrunzînd în M. Neagră se lasă la fund și nu permit efectuarea circulației verticale și, deci, mișcarea straturilor mai adînci. Aici s-au acumulat mari cantități de H_2S care nu permit răspîndirea faunei mai jos de 200 m de la suprafață. Dar, totodată, din M. Mediterană au pătruns în M. Neagră și o serie de specii de animale, fapt ce nu s-a putut produce nici în M. Caspică și nici în M. Aral. Aceste fapte arată că în cazul analizat, ca de altfel în mai toate cazurile, izolarea geografică (spațială) este însoțită de un complex de evenimente care duc la importante modificări ale condițiilor de viață. Deci izolarea spațială are, de regulă, și o componentă ecologică mai mult sau mai puțin importantă. Alcătuirea faunei M. Negre ilustrează bine această idee. Din punct de vedere al originii ei, fauna acestei mări este alcătuită din trei categorii de elemente: relicte ale vechiului bazin comun, elemente mediteraneene pătrunse prin Bosfor și elemente de apă dulce pătrunse din fluviile adiacente. Nu este locul să analizăm aici toată fauna M. Negre. Ne vom opri succind doar asupra vertebratelor. Din cele aproximativ 150 specii de pești, 105 sînt de origine mediteraneeană (chefalul, hamsia, scrumbia albastră, pleuronectidele, stavridul etc.). O serie de pești sînt autohtoni, relicte ale vechii mări sarmatice: sturionii (cu 4 specii marine), scrumbiile de Dunăre (genul *Alosa* din fam. *Clupeiadae*) — ambele grupe migrează în fluvii (ape dulci) spre a se înmulți; gobiidele (guvizii). Însfîrșit, unele specii de apă dulce ca știuca, șalăul ș.a. pătrunzînd din fluvii pot trăi în zonele cu ape îndulcite ale mării. Dintre mamifere în M. Neagră trăiesc 3 specii de delfini: *Phocaena communis, Delphinus delphis* și *Tursiops tursio,* precum și o specie de focă — *Monachus albiventer,* localizată la Capul Caliacra.

Marea Azov este legată de M. Neagră printr-o strîmtoare îngustă (Str. Kerci) care determină o stare de izolare foarte avansată. Aceasta face ca apele acestei mări indulcite de fluviul Don să aibă o salinitate medie doar de 11‰. Întregul complex faunistic este şi el diferit de al M. Negre. Peştii de origine mediteraneeană nu se stabilesc aici, iar numărul speciilor de apă dulce este crescut: linul, bibanul, crapul, carasul etc. Din cele 3 specii de delfin, în M. Azov trăieşte doar una.

Marea Caspică, izolată complet de alte bazine maritime, are salinitatea de 12—13‰. Fauna este mai săracă decît a M. Negre. De pildă, peştii sînt reprezentaţi doar prin 70 specii. Din totalul de 350 specii de animale cunoscute în M. Caspică circa 60% sînt specii autohtone, printre care sturionii, gobiidele etc. O serie de specii de peşti de apă dulce sînt frecvente (ciprinide, percide). Lipsesc însă delfinii. Caracteristic M. Caspice este grupul de specii pătrunse aici în trecut din zonele arctice (probabil prin reţeaua hidrografică din trecut sau printr-un braţ de mare). Din acest grup fac parte salmonidele marine ca *Salmo salar, Stenodus leucichthys,* ambele reprezentate în M. Caspică prin rase locale; tot în această categorie de imigranţi intră o specie de focă *(Phoca caspica),* apropiată de formele nordice *(Phoca hispida).*

Marea Aral este bazinul cel mai estic, este cea mai mică (doar 65 000 km²), iar salinitatea este cea mai scăzută (10‰). Fauna cuprinde doar circa 100 specii, iar formele endemice sînt puţine, fapt care atestă vîrsta relativ recentă a bazinului. Marea majoritate a componentelor faunistice sînt de apă dulce. Astfel, toţi peştii (circa 20 specii) sînt dulcicoli, în afară de şip *(Acipenser sturio)* care este un relict al vechiului bazin ponto-aralo-caspic.

Această succintă prezentare a celor patru mări — fragmente ale unui vechi bazin maritim — ne arată complexitatea fenomenului izolării, sub aspect geografic (spaţial), al condiţiilor abiotice şi a consecinţelor biologice. Este evident că fiecare din cele patru bazine, caracterizat prin condiţii de viaţă particulare, prin structura particulară a biocenozelor, evoluează în direcţii proprii şi numai vîrsta relativ tînără a lor face ca evoluţia unor forme să nu depăşească rangul de rasă sau specie.

Un fenomen similar se produce prin fragmentarea arealelor ca urmare a formării unor insule continentale. Sînt foarte multe fapte care pot ilustra aceasta. Vom cita doar cazul unor şopîrle din sudul Europei şi pe insule din apele mediteraneene, toate de origine continentală. În Ins. Baleare, ori pe mici insuliţe de lîngă Malta sau din faţa golfului Neapole, pe numeroase insule din faţa coastei adriatice a Iugoslaviei, aproape pe fiecare insulă trăieşte o formă proprie de şopîrlă. Poziţia sistematică a multora din aceste forme nu este sigură, ceea ce face ca unii cercetători să considere unele din ele drept specii bune, pe altele drept rase sau doar varietăţi, alţi cercetători să acorde alte ranguri aceloraşi forme. Această situaţie atestă că procesul de diferenţiere de sine stătătoare a acestor populaţii izolate este în plină desfăşurare.

Pentru specii puţin mobile, izolarea şi evoluţia de sine stătătoare a unor mici populaţii se poate produce pe spaţii chiar foarte restrînse. De pildă, în insulele Hawaii (Oc. Pacific) de natură vulcanică, este localizată familia endemică de gasteropode terestre *Achatinellidae.* Animalele se deplasează încet, trăiesc în zone păduroase, mai umede, duc viaţa arbori-

colă sau pe suprafața solului. Coamele dealurilor, mici creste, mai puțin sau de loc împădurite și mai uscate, care separă văile cu păduri dense și mai umede, reprezintă bariere greu de trecut pentru aceste animale. De aceea, unii indivizi pătrunși în cîte o vale dau naștere la mici populații care evoluează apoi în izolare aproape completă. Rezultatul, în cazul gasteropodelor amintite, este impresionant: 200—300 specii cu peste 1000 subspecii sau alte forme infraspecifice. În insula Oahu de pildă, pe o suprafață doar de 256 km^2, o specie de *Achatinella mustelina* este reprezentată prin 26 subspecii și circa 60 rase microgeografice; *A. apexfulva* este reprezentată prin 43 subspecii și 35 alte forme mai mărunte.

Izolarea ecologică. *Izolarea prin populare de habitate diferite* se poate produce fără extinderea arealului geografic al speciilor ci doar a arealului ecologic, deci prin populare de habitate diferite, ceea ce duce la variate adaptări față de noile condiții ale solului, microclimei, hranei, relațiilor biocenotice etc. Urmarea este apariția izolării reproductive mai mult sau mai puțin complete și, deci, desfășurarea evoluției de sine stătătoare a formelor izolate. În felul acesta se pot diferenția chiar specii bune. De pildă, în estul S.U.A. trăiesc simpatric două specii de stejar *Quercus coccinea* și *Q. velutina* — îndeaproape înrudite. Deși se pot hibridiza, speciile se mențin datorită fatului că populează habitate diferite: prima specie populează zonele mlăștinoase, solurile acide cu multă umezeală, în timp ce a doua specie trăiește pe soluri mai uscate, pe locuri mai înalte. În unele locuri, unde condițiile sînt intermediare, apar numeroase forme de trecere, ceea ce face foarte dificilă recunoașterea speciilor.

Studiul speciilor rozătoarelor din genul *Peromyscus* din unele regiuni ale S.U.A. arată că unele din ele s-au diferențiat în funcție de coloritul substratului pe care trăiesc: pe substrat închis format din lave trăiește o formă de culoare închisă; din contră, pe sol nisipos aproape alb s-a diferențiat o formă deschisă *(P. leucocephalus)*, evident homocromă și, deci, cu valoare adaptativă.

Această formă a izolării se întîlnește frecvent în unele lacuri. Numărul mare de specii endemice de planarii, de amfipode din Baikal, de gasteropode din lacul Ohrid, de pești din familia *Cichlidae* din Tanganika, specii îndeaproape înrudite între ele, a putut să apară prin faptul că aceste specii au ocupat nișe diferite.

Schimbarea hranei unei populații poate să ducă adesea la izolare și la diferențieri adaptative. Fenomenul este destul de frecvent atît la paraziți ai plantelor, cît și ai animalelor. De pildă, parazitul *Lecanium corni* (insectă din ordinul *Coccida)*, specie europeană foarte polifagă, a devenit și parazit pe *Robinia pseudoacacia* (salcîmul), plantă introdusă în Europa din America în secolul al XVII-lea. Această trecere a dus la izolarea și transformarea parazitului, rezultatul fiind apariția unei noi specii — *Lecanium robiniarum* — identificată prima dată la sfîrșitul secolului trecut.

Psylla mali, o insectă din ord. *Homoptera* s-a divizat în două rase: una se hrănește pe păr, alta pe păducel *(Crataegus)*. Cum se pot produce asemenea fenomene de izolare ne-o arată comportarea nutritivă a lepidopterului *Hyponomeuta padella*, care prezintă două rase: omizile uneia trăiesc pe meri, ale celeilalte pe păducel *(Crataegus)*. Omizile nu sînt strict stenofage; omizile de pe păducel pot trece pe meri, și invers. Doar fluturii

adulţi preferă, în majoritatea cazurilor (80—90%), să depună pontele pe plante cu care s-au hrănit omizile respective.

Numeroşi paraziţi ai animalelor ilustrează aceeaşi situaţie. Obişnuinţa de a folosi o anumită hrană poate duce la izolare. Astfel, acarianul *Psoroptes communis* de pe capră nu poate să se stabilească pe oaie, în timp ce indivizii de pe oaie, mutaţi pe capră, nu-şi pot continua dezvoltarea.

Izolare datorită maturării sexuale în perioade diferite. Această modalitate de izolare permite coexistenţa simpatrică a unor specii îndeaproape înrudite. Asemenea fenomene se cunosc atît la plante cît şi la animale. Astfel, în Franţa, două specii de stejar — *Quercus sessiliflora* şi *Q. pedunculata* — interfertile pot coexista în multe locuri datorită decalajului perioadei de reproducere. În lacul Bourget, două specii foarte apropiate ale genului *Coregonus* coexistă fără a se hibridiza, deoarece diferă atît prin perioada de pontă cît şi prin locul de depunere a pontelor: o specie *(C. lavaretus)* se reproduce la finele lui noiembrie şi depune pontele în zona litorală pe pietriş, în ape puţin adînci, în timp ce cealaltă specie (*C. bezola)* se înmulţeşte în decembrie—ianuarie şi depune ouăle pe nămol la adîncime mai mare. Fenomene asemănătoare se cunosc la specii sau rase de salmonide şi din alte lacuri: Leman, Ohrid, Sevan (Caucaz).

Decalajul perioadei de reproducere la populaţii apropiate spaţial se poate produce uneori din cauza periodicităţii diferite în variaţia condiţiilor de mediu. Astfel, în bălţile din zonele inundabile ale unor fluvii, perioada de reproducere a multor specii de plante (mai ales a celor plutitoare), ca şi a unor animale este dependentă de perioada viiturilor fluviului (perioada apelor mari). Aceasta produce un decalaj faţă de perioada de înmulţire a aceloraşi specii în bălţi foarte apropiate dar situate în afara zonei inundabile. Acest mecanism pierde însă din eficienţă datorită variaţiilor destul de largi ale perioadei de inundaţii.

Izolare etologică *(comportamentală).* Această modalitate reprezintă un mecanism important răspîndit în lumea animală şi care permite convieţuirea simpatrică a unor forme apropiate. Se ştie că la multe specii de nevertebrate şi mai ales de vertebrate reproducerea este însoţită de numeroase obiceiuri nupţiale (dansuri, roiri, cîntece), de numeroase schimbări morfologice, de colorit, fiziologice etc. Se ştie, de asemenea, că animalele utilizează numeroase mijloace (acustice, chimice, optice şi de altă natură) prin care se asigură intercomunicarea lor. Aceste mijloace, adesea de o mare fineţe şi subtilitate, permit nu numai recunoaşterea apartenenţei de grup a indivizilor dar chiar recunoaşterea interindividuală. De aceea, nu este de mirare că pe aceste căi, ale căror mecanisme concrete de cele mai multe ori ne scapă, reproducerea selectivă şi preferenţială este asigurată şi determină dezvoltarea unor bariere reproductive. Astfel, Darwin relata că în una din insulele Farroe, oile locale, negre, se feresc a se încrucişa cu oile albe introduse în insulă, preferînd încrucişarea cu propriul tip. Oile ancona (cu picioare scurte) nu se amestecă cu alte oi şi stau grupate izolat. Numeroase alte fapte atestă acelaşi fenomen. Gîştele sălbatice obţinute în gospodăriile oamenilor, deşi umblă în cîrd cu cele domestice, nu se amestecă cu ele şi stau în grupuri separate.

Furnicile, albinele și alte insecte coloniale „recunosc“ fără greșeală indivizii aparținînd altor familii și îi alungă sau îi omoară cînd încearcă să pătrundă în altă familie.

La unele specii de heteroptere acvatice (genurile *Limnotrechus, Microvilea, Hydrometra)* s-a constatat existența unor forme cu elitre normale și a altora cu elitre reduse (branchiptere). Încrucișările se fac preferențial între indivizii aparținînd aceluiași tip, deși se pot produce și încrucișări între tipuri diferite.

Indivizii de sexe diferite a două specii foarte apropiate ale musculiței de oțet — *Drosophila melanogaster* și *D. simulans* — nu se încrucișează din cauza „dansului“ nupțial diferit al masculilor. Acest mod de a „curta“ femelele se deosebește net la masculii celor două specii, din care cauză femelele de *D. melanogaster,* plasate cu masculii de *D. simulans* nu devin receptive și nu se încrucișează cu aceștia din urmă. Același lucru se întîmplă cu femele de *D. simulans,* plasate cu masculii de *D. melanogaster.*

Izolarea morfo-fiziologică. Această formă de izolare reproductivă poate interveni prin mecanisme foarte variate.

Astfel, la plante, poate exista o incompatibilitate morfo-fiziologică între polenul de la o formă cu stil scurt și cel de la formele cu stil lung. Asemenea granule de polen ajung pe un stil mai lung decît cel al florilor propriei specii, pot germina dar nu ajung la ovule. În acest mod adesea este împiedicată hibridarea diferiților taxoni ai plantelor. Dar, pe de altă parte, la multe plante cu flori funcționează mecanisme care împiedică autofecundarea fie prin despărțirea sexelor, fie prin dezvoltarea unei incompatibilități fiziologice și biochimice care fac ca polenul să nu poată fecunda propria floare, deși fecundează normal alte flori.

Adaptarea adesea foarte strictă a unor plante pentru a fi polenizate de anumite specii de insecte determină o izolare eficientă. Așa se întîmplă la multe orhidee, la specii ale genului *Pentstemon,* ale genului *Antirrhinum* etc.

La animale adesea izolarea reproductivă a unor forme apropiate este determinată prin imposibilitatea împerecherii în urma diferenței de talie a celor două sexe (la unele rase de cai, cîini, găini). La moluște formele dextre și senestre ale aceleiași specii nu se pot încrucișa *(Alopia, Partula* etc.), ceea ce duce la separarea populațiilor respective.

La numeroase artropode forma specifică a organelor copulatoare poate împiedica încrucișarea unor forme apropiate.

Atît la plante cît și la animale, schimbarea formei de reproducere duce dintr-o dată la izolarea reproductivă. Astfel, trecerea la reproducerea uniparentală (apomixia și înmulțirea vegetativă la plante, reproducerea partenogenetică la animale) determină izolarea reproductivă totală a indivizilor respectivi. De asemenea, apariția formelor *n* diploide (amfidiploizi) duce la izolarea lor reproductivă față de formele parentale.

7.2.2. FORME DE IZOLARE CARE APAR DUPĂ ÎNCRUCIȘARE

În multe cazuri, atît la plante cît și la animale, se pot produce încrucișeri între taxoni diferiți (rase, specii sau chiar taxoni de rang mai înalt). Pe de o parte, acest fapt este o dovadă că evoluția desfășurată sub contro-

lul selecției nu tinde la imposibilitatea încrucișărilor între taxoni diferiți, dacă acest lucru nu este necesar, util; dar, pe de altă parte, numeroase fapte arată că nu este suficient să se producă împerecherea şi chiar fecundaţia între gameţi ai unor taxoni diferiţi pentru a da naştere unei descendențe hibride viabile. Aceste fapte arată că, după fecundare, adesea intervin variate mecanisme care împiedică hibridizarea pe mai multe căi: anomalii în diferite momente ale dezvoltării individuale a hibridului, sterilitatea mai mult sau mai puţin completă a hibrizilor F_1, viabilitatea scăzută sau sterilitatea hibrizilor F_2 — descendenţi din F_1, deşi aceştia pot fi normali și viguroși.

Prima din aceste căi rezultă din diferite grade de nepotrivire a genomilor de origini diferite din oul hibrid. Aceasta poate duce la anomalii în oricare din etapele dezvoltării embrionului, începînd cu anomalii în diviziunile mitotice ale segmentării oului, apoi în fazele următoare ale dezvoltării embrionului, putînd să ducă la oprirea chiar a dezvoltării. A doua cale arată că embrionul hibrid se poate dezvolta normal, deşi formarea organelor lui reproducătoare și mai ales a gameților este anormală din cauza anomaliilor ce apar în diviziunile meiotice, ceea ce poate duce la nedezvoltarea sau dezvoltarea anormală a gameților.

Cauzele şi mecanismele intime (biochimice, moleculare) ale acestor anomalii sînt puţin cunoscute. Experienţele arată că în aceste procese poate fi alterată replicarea ADN, se poate desfăşura anormal sinteza ARN mesager, ceea ce, evident, va duce la alterarea tuturor proceselor ulterioare de sinteză a proteinelor, a metabolismului etc. De asemenea, s-a demonstrat că modificarea relaţiilor nucleu-citoplasmă, care apare în urma hibridizării, poate determina numeroase anomalii. De pildă, nucleul oului normal de la *Rama pipiens* a fost înlocuit cu nucleul oului unei alte specii de broască — *R. sylvatica*. Embrionul a murit în stadiul de gastruală. Semnificativ este și faptul că nuclei extrași din blastula hibridă și transplantați înapoi, în oul propriei lor specii, nu au dat nici un rezultat, oul nu s-a putut dezvolta, deși se știe că blastomerele timpurii ale fazei de blastulă sînt totipotente, adică pot da naştere la embrioni normali. Aceasta arată că nucleul, în contact cu citoplasma străină, a fost alterat fără a putea reveni la normal, fiind chiar readus în citoplasma care-i era proprie.

În numeroase cazuri, la diferite grupe de animale s-au obţinut în captivitate sau au fost observați în condiţii naturale hibrizi viabili interspecifici sau chiar intergenetici. Se cunosc sute de asemenea hibrizi. Astfel, la mamifere, în grădini zoologice s-au obţinut numeroşi hibrizi între specii de felide, de urside, de ecvide, rozătoare etc.; multe forme hibride interspecifice au fost obţinute la insecte (mai ales la fluturi). În grupul păsărilor numeroşi hibrizi interspecifici se cunosc în stare naturală ca şi la peşti. În cele mai multe din aceste cazuri hibrizii sînt sterili sau chiar neviabili; în alte cazuri, hibrizii din F_1 sînt fertili dar sterilitatea afectează F_2.

Pentru analiza izolării reproductive este semnificativ faptul că de multe ori neîncrucişarea sau sterilitatea completă a hibrizilor se constată între forme, rase sau specii apropiate, îndeaproape înrudite, a căror areale se suprapun cel puţin parţial și ale căror cicluri vitale sînt asemănătoare. Din contră, rasele sau speciile cu areale complet diferite sau deo-

sebite prin habitat adesea se pot încrucișa, foarte des putînd apărea și hibrizi cu fertilitate normală. Acest fapt poate fi explicat prin selecția regimului de încrucișări: în cazul cînd formele parentale prezintă avantaje selective, regimul încrucișărilor va fi orientat în sensul reducerii sau chiar al eliminării posibilităților de hibridizare. Formele alopatrice nu sînt confruntate cu astfel de situații, de aceea selecția nu va acționa în acest sens, iar izolarea reproductivă sau, din contră, capacitatea de a da hibrizi cu diferite grade de fertilitate, vor putea să apară ca un rezultat colateral al evoluției formelor respective.

7.3. MODALITĂȚILE PRINCIPALE ALE SPECIAȚIEI

După cum s-a arătat anterior, procesul speciației se desfășoară în mod particular, practic diferit de la un grup la altul, deoarece este în funcție de un mare număr de condiții variabile atît interne, proprii fiecărei specii sau chiar populații, cît și externe. De aceea, modalitățile speciației, pe care le vom prezenta mai jos, rareori se manifestă în formă pură și reprezintă doar *căile principale* prin care se realizează transformarea speciilor.

Se admite astăzi că există două modalități majore prin care se realizează speciația: alopatrică și simpatrică.

7.3.1. SPECIAȚIA ALOPATRICĂ

Speciația geografică. Este forma principală a speciației alopatrice, avînd drept trăsătură caracteristică izolarea spațială, geografică a uneia sau mai multor populații, izolare care de obicei reprezintă momentul inițial al procesului. Această formă a speciației poate să se producă în diferite moduri, în diferite variante, depinzînd de numeroase condiții. De subliniat că deși în această formă a speciației factorul preponderent este cel geografic, există totdeauna o componentă ecologică mai mult sau mai puțin pronunțată și adesea intervine chiar un anumit grad de simpatricitate.

Să ilustrăm această formă prin cîteva exemple din lumea plantelor și animalelor. Un prim exemplu se referă la formarea speciilor de lăcrămioare studiat de V. K o m a r o v (1940) (citat de K. Z a v a d s k i, 1961, 1967). După acest botanist *Convallaria majalis* a apărut în miocen și s-a răspîndit în pădurile de foioase de pe un larg teritoriu. Glaciațiunile din cuaternar au fragmentat acest teritoriu. Rezultatul a fost apariția mai multor zone izolate în care specia a evoluat pe căi diferite, prin adaptare la condițiile geografice și ecologice particulare. Așa se face că astăzi există mai multe rase (de unii considerate drept specii) de lăcrămioare: europeană — *C. majalis* din pădurile europene, Caucazului de Nord și Transbaikalide; *C. transcaucasica; C. keiskei* din Extremul Orient și *C. majuscula* din America de Nord.

Exemplul devenit clasic al speciației geografice îl reprezintă cel al raselor pițigoiului mare. Rasa principală *Parus major major* are un areal foarte vast — din Spania pînă în Extremul Orient, unde ajunge pînă

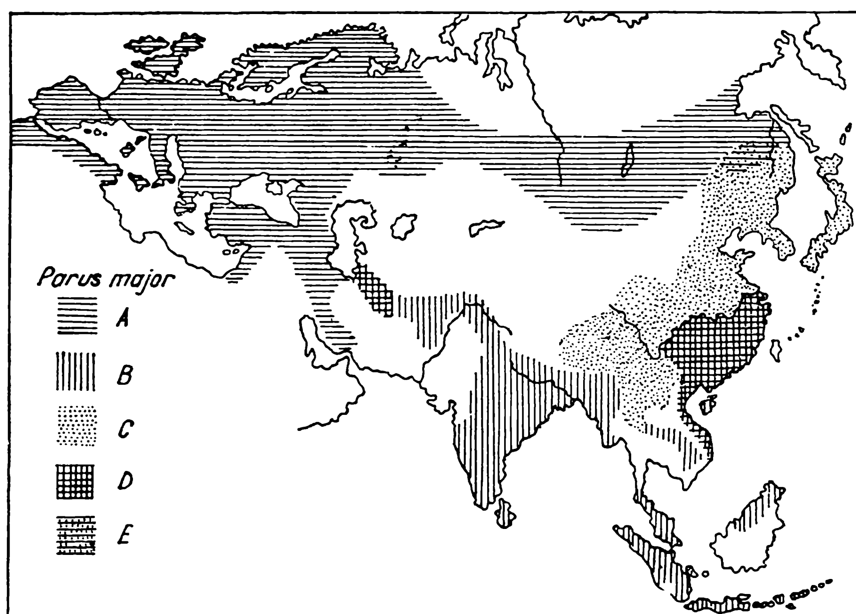


Fig. 78. Procesul speciației în grupul de rase al speciei *Parus major* (pițigoiul mare): *A* — arealul lui *P.m. major*; *B* — *P.m. cinereus*; *C* — *P.m. minor*; *D* — zonele de hibridizare: în Vest, între *major* și *cinereus*; în China, între *cinereus* și *minor*; în zona *Amur*, *minor* se intîlnește cu *major* dar nu se hibridează (*E*) (din E. Mayr, 1963).

la coastele Oceanului Pacific. În Asia de Sud există o altă rasă — *P.m. cinereus*, care în zona de contact cu *P.m. major* (la sud-est de Marea Caspică) se încrucișează cu aceasta din urmă, dînd intergradări (forme hibride avînd caractere ale ambelor rase, în proporții variate) (fig. 78). În Asia de Est specia este reprezentată printr-o a treia rasă *P.m. minor*, care într-o vastă zonă se hibridizează cu *P. m. cinereus*. În zona fluviului Amur, rasa *minor* se întîlnește cu *major*. După unii autori (E. Mayr, 1963) în această zonă s-ar produce hibridizări între cele două rase. După alții (K. Zavadski, 1968) rasele *minor* și *major* nu se încrucișează, deși arealele lor parțial se suprapun.

Examinarea raselor de pițigoi arată că ele au o răspîndire inelară. Ocolind pe la nord platourile și munții Asiei Centrale, rasa *major* a atins coasta Oc. Pacific în zona fluviului Amur. Ocolind pe la sud zonele neprielnice pițigoii s-au răspîndit în Asia de Sud, Sud-Est și Est. Adaptarea la condiții locale a dus la formarea raselor amintite — *cinereus* și apoi *minor*. Aceste rase ocupă teritorii vaste, iar încrucișarea între ele, în unele zone de contact relativ restrînse (deci existența unui flux genetic interrasial), nu împiedică persistența raselor. În zona fluviului Amur rasa *minor*, închizînd inelul din jurul Asiei Centrale, se întîlnește cu *major* și se pare că nu se mai încrucișează cu ea. Prin urmare, cel puțin unele din populațiile rasei *minor* s-au diferențiat atît de mult încît se comportă ca specie distinctă față de *major*. Pe de altă parte, față de *cinereus* se

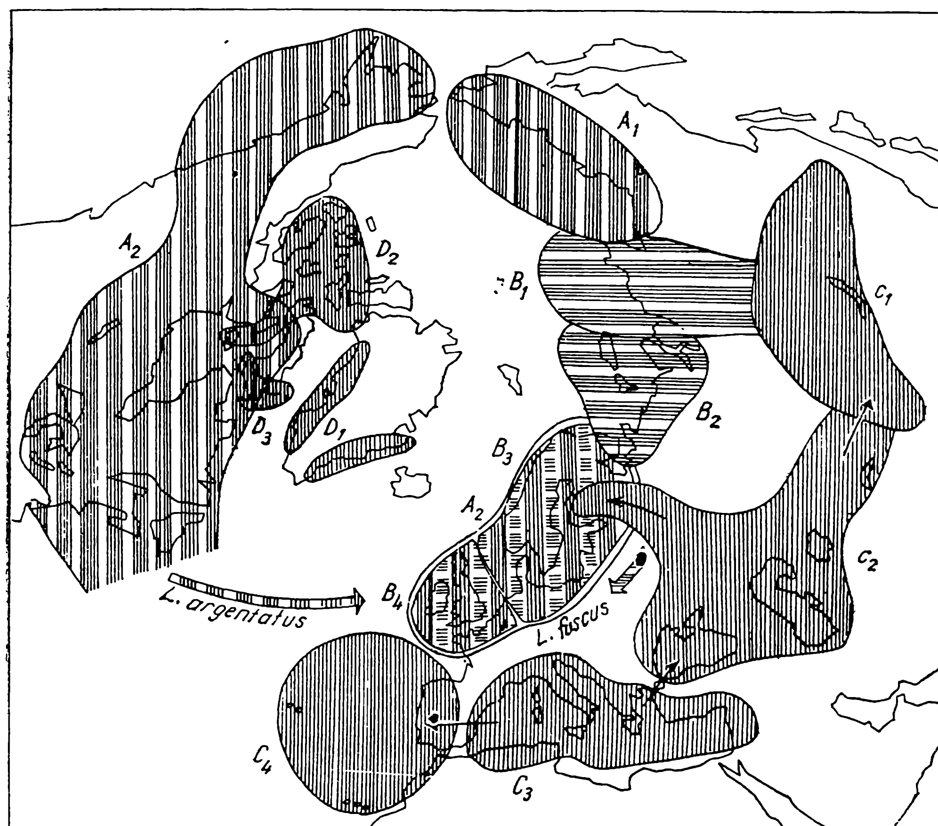


Fig. 79. Speciaţia în grupul speciilor din genul *Larus*: *A* — *Larus argentatus*; *B* — *L. fuscus*; *C* — refugii pleistocene; *D* — *L. glaucoides* (după E. Mayr, 1963).

comportă ca rasă. Această situaţie arată că ne aflăm într-un moment cînd una din rase, sau cel puţin o parte din populaţiile ei este gata să iasă din complexul de rase a lui *P. major* şi să formeze o specie de sine stătătoare.

Speciaţia în cadrul genului *Larus* (pescăruş), destul de bine studiată, s-a desfăşurat în mod similar cu cea de la *Parus*, dar a mers mai departe. *Larus argentatus* era o specie circumpolară. În timpul pleistocenului (cuaternar), din cauza extinderii gheţarilor, arealul practic continuu al acestei specii mobile a fost fragmentat, specia supravieţuind în cîteva zone refugiale situate în Europa, Asia şi America de Nord (fig. 79). Aceste grupări fiind izolate între ele au evoluat în direcţii diferite, în aşa fel încît în Europa de Vest s-a diferenţiat specia *Larus fuscus*, iar pe coasta atlantică din nord-estul Americii de Nord s-a diferenţiat specia *L. glaucoides*. Cînd s-au retras gheţarii, *L. argentatus*, probabil din nord-estul Asiei, a pătruns din nou în America de Nord, unde s-a întîlnit cu *glaucoides* cu care însă nu se mai încrucişează, deosebindu-se de acesta şi prin habitat şi prin etologie: *glaucoides* ocupă zona de coastă, iar *argentatus* este mai în interiorul continentului; în cazurile cînd se întîlnesc

în colonii comune nu se încrucişează, deoarece intervin mecanisme etologice (comportamentale) izolatoare. Din America, traversînd Atlanticul, *L. argentatus* a pătruns din nou în Europa de Vest, unde s-a întîlnit cu *L. fuscus*, cu care nu se mai produc încrucişări. Trebuie menţionat, de asemenea, că atît *L. argentatus* cît şi *L. fuscus*, pe arealele lor, sînt reprezentate astăzi fiecare prin mai multe rase geografice.

Examinarea celor două cazuri prezentate, a lui *Parus* şi *Larus*, impune cîteva observaţii.

În primul rînd este de menţionat faptul că în fiecare caz intervin importante momente ecologice care, afectînd mai profund trăsăturile populaţiilor decît factorii pur geografici (spaţiali), grăbesc procesul diferenţierii. În al doilea rînd, fiind vorba de animale cu o mare mobilitate, nu poate fi vorba de izolarea completă a grupărilor de populaţii (cum o dovedesc, de fapt, intergradările raselor de piţigoi) şi, deci, de întreruperea completă a fluxului genetic între populaţii şi între rase. Acesta este un moment (aspect) simpatric al speciaţiei geografice şi el arată că întreruperea fluxului genetic nu este obligatorie şi nici necesară pentru formarea raselor geografice. Dar asemenea fapte ridică problema „destinului" formelor hibride care apar în zonele de contact a două rase. Aceasta depinde de o serie de factori ca: dimensiunile arealelor raselor parentale, valoarea selectivă a caracterelor hibrizilor în comparaţie cu aceea a formelor parentale etc.

Chiar dacă este vorba de animale cu o mare mobilitate (cum sînt păsările), încrucişările se produc preferenţial între indivizi aflaţi în proximitate spaţială. De aceea, dacă arealele raselor adiacente sînt destul de mari, zona de hibridizare rămîne relativ restrînsă, trecînd treptat spre populaţii curate, nehibridizate. Dar, totodată, soarta acestei zone depinde şi de valoarea selectivă a populaţiei hibride. Dacă această populaţie se dovedeşte a fi avantajată selectiv faţă de formele parentale, zona de hibridizare se poate extinde, iar dacă arealele nu sînt prea mari procesul poate merge pînă la contopirea celor două rase şi formarea uneia singure. Dacă, din contră, valoarea selectivă a hibrizilor este mai scăzută decît a formelor parentale, atunci zona de hibridizare, de intergradare, putînd să persiste, va rămîne restrînsă. Schimbarea condiţiilor abiotice sau biocenotice poate schimba desfăşurarea raporturilor dintre hibrizi şi rasele parentale.

Aceeaşi semnificaţie credem că are cazul raselor speciei peştelui *Cobitis (Sabanejewia) aurata*, analizat de P. Bănărescu (1973). În vestul ţării noastre, în Transilvania şi nordul Moldovei specia este reprezentată prin subspecia *C. a. balcanica;* în sudul Moldovei şi estul Munteniei prin subspecia *C. a. vallachica*, iar în Dunăre şi Tisa prin *C. a. bulgarica*. Subspeciile *balcanica* şi *vallachica* intergradează atît în centrul Moldovei cît şi în vestul Munteniei şi în Oltenia; *balcanica* şi *bulgarica* intergradează în Banat şi Crişana, în timp ce *vallachica* şi *bulgarica* coexistă, fără a hibridiza sau a intergrada, în cursul inferior al rîurilor din Muntenia.

Deosebirea acestui caz faţă de cel al piţigoilor şi pescăruşilor, după cum par a indica datele existente, constă în faptul că formarea raselor nu s-a produs prin fragmentarea arealului ocupat în prealabil de o specie

unitară ci prin diversificarea raselor pe măsura extinderii speciei, pe măsura ocupării de noi teritorii, cu condiții mai mult sau mai puțin diferite.

Asemenea cazuri sînt destul de frecvente. În această categorie se poate încadra apariția numeroaselor specii și subspecii de gasteropode *Achatinellidae* din insulele Hawaii; pe măsura pătrunderii în alte văi, încă neocupate, se diferențiau noi taxoni. Popularea unor insule oceanice, a unor arhipelaguri (de exemplu, Galapagos) prin emigranți mai mult sau mai puțin întîmplători de pe continentul cel mai apropiat, urmată de diferențierea sau chiar radiația adaptativă, duce adesea la apariția speciilor și raselor endemice, cu numeroase adaptări specializate. Uneori acest proces poate fi determinat și prin activitatea omului care, cu sau fără voia lui, contribuie la răspîndirea multor specii. Un exemplu în acest sens ni-l oferă planta *Capsella bursa-pastoris* (traista-ciobanului), care a fost adusă de om în pășunile de mare altitudine din Asia Mică, unde adaptările la condiții specifice au determinat o serie de caractere proprii plantelor alpine: rădăcini adînci, tulpina scurtă, pubescența bogată, iar florile au devenit roșiatice. Aceste trăsături sînt ereditare, demonstrînd transformarea adaptativă prin acțiunea selecției într-un timp relativ scurt.

7.3.2. SPECIAȚIA SIMPATRICĂ

Constă în diferențierea unor noi forme, cu posibilitatea evoluției lor ulterioare de sine stătătoare, fără o izolare geografică prealabilă, deci chiar în cadrul arealului aceleiași populații sau grup de populații.

În jurul problemei existenței reale a speciației simpatrice se desfășoară astăzi o vie dispută între biologi. Unii, de pildă, admit ca posibilă speciația fără izolare geografică numai la formele ce se reproduc pe diferite căi agame — vegetativă, apomictică, partenogenetică, sau la formele autogame și neagă cu desăvîrșire această posibilitate la formele cu înmulțire biparentală, la care fecundația încrucișată este obligatorie. Argumentul principal constă în aceea că în populații mendeliene (panmictice) în care încrucișările se pot produce între oricare indivizi din populație, orice încercare, orice început de diferențiere a unor grupări de indivizi, fără izolare reproductivă prealabilă față de restul populației, este sortită eșecului, deoarece datorită încrucișărilor neselective noile variații sînt „diluate“ și se pierd în cadrul populației.

Alți biologi, din contră, admit că speciația simpatrică se poate produce nu numai la formele uniparentale ci și la cele biparentale.

Deoarece spațiul nu ne permite să intrăm în analiza amănunțită a argumentelor și faptelor care se aduc în sprijinul sau împotriva posibilității speciației simpatrice, ne vom limita la unele observații generale.

Împărțirea formelor de speciație în alopatrice și simpatrice este o încercare de încadrare a unei diversități biologice extrem de bogate în niște tipare rigide, fapt care duce la exagerări și la interpretări unilaterale. Mai corect ar fi, ni se pare, că fără a neglija încercările de clasificare a formelor speciației, să nu le absolutizăm și să le examinăm cu toată obiectivitatea. Aceasta ne duce la constatarea, menționată și mai

înainte, că rareori găsim forme „pure“ ale speciației. De cele mai multe ori în acest proces participă numeroși factori dintre care unul sau altul pot avea un rol preponderent. Am arătat mai înainte că însăși în cadrul speciației geografice, considerată tipic alopatrică, pot fi surprinse momente de simpatricitate. În același fel, de pildă, cum vom arăta mai jos, în unele forme ale speciației simpatrice se pot întîlni diferite grade de alopatricitate.

Cea mai bună dovadă a acestei situații este faptul că speciația ecologică este considerată de unii ca fiind o formă a speciației alopatrice (K. Zavadski), iar de alții o formă a speciației simpatrice (E. Mayr, P. Bănărescu).

Deoarece considerăm că în speciația ecologică de cele mai multe ori predomină elemente de simpatricitate, vom trata această formă în cadrul speciației simpatrice în care se încadrează și o serie de alte forme de speciație.

În speciația simpatrică, ca de altfel și în alte forme ale speciației, problema esențială este aceea a raportului dintre cele două forțe (tendințe) contradictorii care coexistă permanent la orice taxon: forța de *integrare adaptativă,* care tinde să mențină integralitatea taxonului prin complementaritatea componentelor lui și forța *radiației adaptative,* care tinde către diferențierea tot mai avansată a acestor componente, către divergența lor adaptativă.

Dezacordul dintre biologi privește tocmai acest raport. Unii biologi consideră că tendința de divergență (radiație adaptativă) între componentele unei aceleiași populații poate fi suficient de puternică încît să ducă la formarea de grupări cu geneotipi diferiți, fără întreruperea fluxului genetic între grupuri. Alți biologi, care nu sînt de acord cu posibilitatea speciației simpatrice, consideră că radiația adaptativă nu poate avea forța necesară pentru a produce diferențieri în prezența fluxului genetic și, de aceea, este necesară izolarea reproductivă prealabilă.

Dacă recunoaștem că procesul speciației are caracter adaptativ, atunci trebuie să admitem că raportul dintre cele două tendințe contradictorii este controlat de selecție și evoluează în sensul realizării unei stări optime de adaptare a populației. Realizarea acestei stări se poate produce în unele cazuri prin predominarea radiației adaptative față de tendințele integratoare concretizate prin fluxul genetic (speciația simpatrică), alteori prin izolare reproductivă spațială (geografică) fluxul genetic este întrerupt, ceea ce evident grăbește desfășurarea divergenței adaptative.

Forma ecologică a speciației ilustrează bine evoluția adaptativă a raportului dintre integrare și radiația adaptativă.

Speciația ecologică. Cuprinde acele modalități în care factorii ecologici (relațiile populațiilor cu factorii abiotici și cu cei biocenotici) au rol predominant, în timp ce factorii spațiali (geografici) pot interveni într-un mod mai mult sau mai puțin subordonat.

Cazuri tipice de speciație simpatrică ecologică se cunosc la plantele entomofile, atunci cînd insectele polenizatoare manifestă o pronunțată selectivitate. Astfel, se știe că rasele speciilor de gura leului — *Antirrhinum majus* și *A. glutinosum* se încrucișează liber între ele dînd hibrizi cu fertilitate normală și pe deplin viabili. Albinele care le polenizează

manifestă o foarte pronunţată selectivitate, în aşa fel încît preferă anumite forme ale plantelor şi nu trec de obicei de la o formă la alta. Aşa se face că în cazul cînd rasele sînt simpatrice, proporţia hibrizilor nu depăşeşte 3% deci, practic, rasele coexistă, izolate reproductiv, şi pot merge nestingherit pe calea diferenţierii dacă necesităţile adaptării ar impune-o.

Reamintim aici cazul populaţiei hibride de *Helianthus* analizat în cadrul selecţiei disruptive şi care arată că, deşi fluxul genetic între două grupări ale plantelor era neîntrerupt, presiunea divergentă a selecţiei a determinat diferenţierea lor genetică. Aceeaşi concluzie este ilustrată de polimorfismul sexual al lepidopterului african *Papilio dardanus,* analizat în acelaşi capitol.

În capitolul privind relaţiile cu mediul, analizînd rolul vîntului, s-a arătat că el are funcţie selectivă pe insule mici, oceanice, în unele zone montane. Datorită acţiunii vîntului aici sînt eliminate, selectiv, insectele slab zburătoare şi supravieţuiesc doar cele ce nu se ridică de pe sol sau cele foarte bune zburătoare care pot rezista vîntului. Aşa s-au diferenţiat numeroase forme insulare, evident simpatric, fără vre-o izolare spaţială prealabilă.

Cercetările din ultimii ani (M. S. Mani, 1968) privind apterismul insectelor din anumite zone au arătat că problema este mai complexă. Apterismul apare mai frecvent în fauna insectelor insulare, în unele zone montane şi în unele zone înguste de coastă, pe linia litoralului.

Reducerea, dispariţia chiar a aripilor la diferite grupe se atribuie nu numai rolului selectiv al vîntului, ci pare a fi o consecinţă a scurtării metamorfozei în condiţii de climă aspră, a adaptării la viaţa tericolă, la condiţii de umiditate crescută şi la alţi factori.

Cu toate că aceste cercetări diminuează rolul vîntului în apariţia apterismului, rol care totuşi nu este de loc neglijabil, de fapt nu schimbă caracterul simpatric al speciaţiei în aceste cazuri.

Polimorfismul intrapopulaţional ilustrează, de asemenea, faptul că diferenţierile de natură fenotipică şi genotipică se pot produce în *cadrul aceleiaşi populaţii,* deci simpatric (vezi *Capit. 6.3,* iar în capitolul de faţă paragraful privind structura speciei).

În privinţa legăturii dintre polimorfism şi problema speciaţiei, trebuie făcute unele observaţii. În primul rînd existenţa însăşi a polimorfismului intrapopulaţional echilibrat, genetic şi ecologic, arată că fără nici un fel de izolare reproductivă se pot diferenţia şi pot persista nedefinit diferite morfe, fără să se uniformizeze în procesul reproducerii. Explicaţia este, după cum s-a arătat în capitolul respectiv, avantajul selectiv, adaptativ al structurii polimorfe a populaţiilor. În al doilea rînd trebuie menţionat faptul că în noţiunea de polimorfism intră nu numai polimorfismul de pildă al castelor de la insectele coloniale (polimorfism sexual, sezonier, de vîrstă), dar aici intră şi existenţa unităţilor infrapopulaţionale care constituie structura însăşi a populaţiei (ecoelemente, grupări morfobiologie, biotipuri). Este sigur că o castă de furnici sau de termite (o morfă) nu poate ieşi pe calea unei evoluţii proprii, deoarece ea nu poate exista de sine stătător, fiind complet integrată în colonia respectivă. Cu totul altfel însă stau lucrurile cu unităţile structurale ale populaţiei care, deşi sînt simpatrice, se diferenţiază treptat, ajungînd la con-

stituirea unor populații și unități suprapopulaționale de sine stătătoare. De pildă, *ecoelementul* este o unitate ecologică infrapopulațională adaptată la anumite condiții, posedînd un complex de caractere elaborat prin selecție, fixat genetic și care de cele mai multe ori se transmite ca atare.

În anumite împrejurări, această grupare poate ieși din cadrul populației, constituind o rasă ecologică locală, adică un ecotip. Însăși faptul că în interiorul populației pot apare și se pot menține și diferenția asemenea unități structurale arată că, dacă necesitățile adaptative impun, procesul se poate desfășura fără izolare geografică prealabilă, deci simpatric. Numeroase fapte de acest fel sînt bine stabilite la plante. De exemplu, apariția și evoluția formelor protectoare la plante ca, de pildă, la *Camelina sativa* (vezi *Capit. 5.3)*, din care s-a diferențiat, sub acțiunea selecției, *C. linicola*. Același lucru s-a petrecut cu *Alectorolophus* și se cunoaște la o serie de alte plante ca *Lolium, Silene* etc. E. Sinskaia a descris evoluția ecoelementelor la lucernă și la o serie de alte plante, iar K. Zavadschi la *Chenopodium album* etc.

Diferențierea ecologică simpatrică se poate produce în urma apariției izolării ecologice. În acest capitol, la paragraful respectiv, au fost prezentate cîteva fapte (*Yponomeuta, Psylla, Lecanium* etc.) care arată că schimbarea hranei (a plantei-gazdă) poate duce la izolare reproductivă, fără izolare spațială. De subliniat în aceste cazuri este faptul că deși fluxul genetic nu se întrerupe de la început în mod absolut, față de forma inițială, aceasta, totuși, nu împiedică formarea unor rase.

Deosebit de interesantă și, totodată, dificilă este problema modului în care s-a desfășurat speciația la diferite grupuri de animale, în unele lacuri. Astfel, în lacul Baikal (din Siberia), vechi și adînc, cu numeroși și variați biotopi, unele grupe de animale ca planariile, amfipodele, peștii, au dat o radiație adaptativă neobișnuit de abundentă. Două familii de pești teleosteeni sînt endemice: *Cottocomephoridae* și *Comephoridae* (G. Nikolski, 1950). Prima dintre ele cuprinde 7 genuri cu 12 specii, a doua un gen cu două specii.

În unele lacuri africane este impresionant numărul speciilor de pești din familia *Cichlidae*. De pildă, în lacul Nyasa sînt 189 specii endemice, în lacul Tanganyka — 134 specii, în lacul Victoria 124 specii, în timp ce în alte lacuri aceeași familie este reprezentată prin specii endemice mult mai puține: în lacul Eduard 20 specii, în l. Albert 4 specii, în l. Rudolf 2 specii (P. Bănărescu, 1973). În lacul Ohrid se cunosc 34 specii endemice de gasteropode, iar în lacul Sevan cîteva forme endemice de păstrăv. Există și alte exemple asemănătoare care s-ar mai putea da.

Cum s-a putut produce o speciație atît de intensă?

Problema nu este rezolvată. Unii autori încearcă să explice fenomenul prin modalități de speciație alopatrică. Astfel, o ipoteză în acest sens pornește de la ideea oscilațiilor succesive de nivel al unor lacuri, însoțite de fragmentarea lacului. Într-adevăr dacă apele unui lac se retrag de pe o suprafață mare pot rămîne în jur, în depresiuni, mici lacuri în care au pătruns speciile existente anterior în lac. Pînă la următoarea perioadă de ridicare a nivelului apei, aceste specii, evoluînd în izolare geografică, devin specii noi, care la o nouă ridicare de nivel populează tot lacul. La o următoare scădere de nivel numărul speciilor izolate crește mult, deci

și numărul speciilor noi sporește rapid. Sînt suficiente cîteva asemenea oscilații ca numărul speciilor să ajungă la sute și chiar mii. De asemenea, se presupune că lacurile au fost populate de specii care s-au diferențiat în rîurile afluente.

Se consideră posibilă și combinarea celor două procese. Aceste încercări de a explica abundenta radiație adaptativă a unor grupe în unele lacuri nu rezistă însă unui examen critic. Fără a putea intra într-o analiză mai amănunțită, trebuie făcute unele observații. Explicațiile date sînt speculative și nu numai că nu se sprijină pe dovezi concrete (de pildă, oscilațiile de nivel ale lacurilor sau existența anterioară, în rîuri, a speciilor ce ar fi populat lacurile), dar chiar contravin faptelor cunoscute. Pe lîngă aceasta, în mod firesc trebuie să ne întrebăm de ce aceste procese de fragmentare succesivă a unor lacuri au afectat doar o familie de pești și nu au afectat și alte grupe de animale din aceleași lacuri? Dacă speciația bogată a cichlidelor în unele lacuri africane este o dovadă a oscilațiilor lor de nivel, urmare a unor mișcări tectonice, cum se face că aceste oscilații s-au manifestat doar la trei lacuri, cele mai mari cu biotopii cei mai variați, și nu au afectat celelalte lacuri aflate în aceeași zonă?

Pentru lacul Baikal în mod cert nu au existat asemenea oscilații. Mult mai probabil este că în toate cazurile menționate majoritatea speciilor au apărut simpatric. Deși nici acest lucru nu a fost demonstrat, o serie de argumente vin în sprijinul lui. Astfel, în lacul Sevan, situat în munții Kaucaz la înălțimea de 1914 m, trăiește o specie endemică de păstrăv *Salmo ischchan* reprezentată prin cîteva rase: *S. i. ischchan* trăiește numai în lac, se reproduce pe fund de prundiș, în noiembrie-martie, formează populații locale în diferite părți ale lacului; *S. i. gegarkuni* se reproduce în afluenți ai lacului și este reprezentat prin două forme ecologice — una de primăvară, ce se reproduce la gurile afluenților, din septembrie pînă în ianuarie, și una de toamnă, care se reproduce iarna în cursul superior al rîurilor; *S. i. danilevskii* se reproduce în lac, în cursul lunii octombrie, în alte locuri decît *ischchan; S. i. aestivalis* se reproduce în mai-iulie în cursul inferior al afluenților; o a cincea formă trăiește numai în afluenții lacului, se hrănește cu larve de trichoptere, efemeroptere și chironomide, în timp ce primele patru forme se hrănesc în lac mai ales cu amfipode. Divergența raselor și chiar a unor populații locale privind perioada de reproducere în aceleași locuri, sau locuri de reproducere în aceleași rîuri, adaptarea la modul de hrană, arată că aceste adaptări s-au elaborat pe loc, fără vre-o izolare geografică și au dus totuși la formarea unor rase diferite.

În lacul Baikal, pe lîngă cele două familii endemice de pești menționate mai înainte, există numeroase specii endemice de spongieri, planarii, oligochete, moluște. O adevărată explozie de specii o înregistrează amfipodele (fig. 80) din familia *Gammaridae* (peste 250 specii endemice, din 37 genuri dintre care 35 genuri endemice). Ca să ne facem o idee despre această abundență de specii și genuri, este destul să spunem că pe tot restul teritoriului U.R.S.S. se cunosc doar 28 genuri de amfipode dulcicole, dintre care însă 18 genuri sînt de origine marină și trăiesc doar la gurile fluviilor și în cursul inferior al acestora și mai multe genuri sînt caracteristice izvoarelor și peșterilor. Trebuie menționat însă

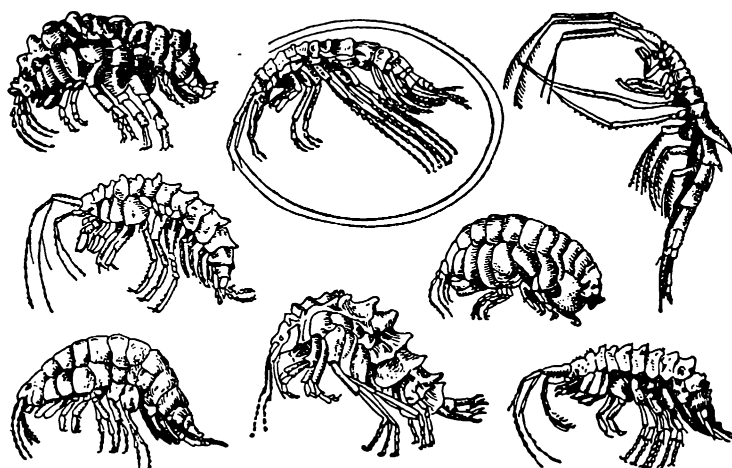


Fig. 80. Cîteva amfipode din L. Bajkal, ilustrînd bogata speciație endemică a acestui grup.

că, totodată, în Baikal trăiesc numeroase grupuri de pești și nevertebrate care nu au produs această radiație adaptativă și care sînt reprezentate prin specii obișnuite (I. Ș m a l g a u s e n, 1946). Acest autor, analizînd situația din Baikal, conchide că evoluția exuberantă a celor cîteva grupe s-a produs pe loc în lacul Baikal. De altfel, la o concluzie asemănătoare ajunge și M. K o j o v (1960) afirmînd că speciația în Baikal nu a avut caracter geografic ci ecologic și simpatric.

Speciația prin hibridare îndepărtată. Este o altă formă a speciației simpatrice. Este destul de frecventă la plante și mult mai rară la animale.

După cum s-a mai arătat (la speciația geografică), populații sau alți taxoni infraspecifici, ajunși pe diferite căi și împrejurări (fragmentare de areal, răspîndire insulară etc.) în izolare geografică sau ecologică, pot evolua independent unii de alții.

Supuși acțiunii divergente a selecției asemenea unități, cu timpul, în funcție de condițiile concrete, pot deveni noi specii. În mod obișnuit, o specie odată apărută devine (reprezintă) un sistem genetic închis (fluxul genetic cu alte unități este întrerupt). Dar, după cum s-a arătat mai înainte în acest capitol, rostul selecției este adaptarea și nu neapărat imposibilitatea încrucișării, care ea însăși „este unul din caracterele adaptative care apar sub acțiunea selecției naturale și, în cazurile cînd nu este necesară o asemenea acțiune (adică nu este necesară o asemenea adaptare — *N.A.)*, speciile formate prin evoluție divergentă nu pierd capacitatea de încrucișare... În cazul unei izolări geografice sau ecologice complete, divergența adaptativă a formelor nu implică și evoluția în sensul incapacității de încrucișare, iar rasele care s-au îndepărtat pînă la rangul de specie se pot încrucișa liber între ele“ (N. P. D u b i n i n, 1966).

Dacă, din diferite cauze, asemenea specii apărute alopatric se întîlnesc ulterior, prin modificarea arealelor lor, între ele se produc încruci-

șări care duc la apariția hibrizilor. Același fenomen are loc și în cazul raselor sau subspeciilor făcînd parte din aceeași specie. Ca urmare a încrucișărilor apar numeroase noi combinații genetice, care prin segregare în generațiile următoare cresc și mai mult, dînd naștere unor populații extrem de polimorfe, heterozigote, variabile. Este firesc că în această multitudine de hibrizi, cu o variată constituție genetică, mulți se dovedesc mai slab adaptați, mai puțin viabili decît formele parentale. Dar, totodată, un număr din acești hibrizi se dovedesc a fi mai bine adaptați la anumite condiții, mai viguroși și prolifici. Asemenea forme pot reuși să cucerească anumite teritorii, să întemeieze noi populații, rase sau chiar specii.

În natură se cunosc numeroase asemenea forme de origine hibridă, de exemplu în cadrul genurilor *Rosa, Hieracium, Geum, Silene, Salix* și multe altele. În destul de numeroase cazuri s-a putut demonstra originea hibridă a unor specii de mult cunoscute. De pildă, s-a arătat că soiurile de grîu moale *(Triticum aestivum* ssp. *vulgare),* cu garnitură hexaploidă ($2n=42$), ca și alte forme de grîu cu 42 cromozomi, sînt alopoliploizi proveniți din încrucișarea lui *T. dicoccoides* ($2n=28$) cu *Aegilops squarrosa* ($2n=14$ cromozomi).

În 1952—1953 a fost descris *Sorbocotoneaster,* care provine din încrucișarea lui *Sorbus sibirica* cu *Cotoneaster melanocarpa.* Noua specie de origine hibridă a cucerit un teritoriu destul de mare în Iacuția (Siberia), formînd o populație bine închegată. Într-un alt capitol sînt descriși și alți asemenea hibrizi cunoscuți în natură, „resintetizați" de diferiți cercetători sau unii chiar „sintetici", ca, de pildă, *Raphanobrassica.*

Hibrizi interspecifici se cunosc și la animale, deși mult mai puțin frecvenți. Asemenea cazuri se întîlnesc atît la nevertebrate cît și la vertebrate. La lepidoptere se cunosc destul de multe cazuri de încrucișări între specii sau chiar între genuri diferite.

În cadrul vertebratelor, hibridarea îndepărtată apare mai frecventă la grupele la care fecundația este externă (pești și amfibii). La celelalte clase (reptile, păsări, mamifere) hibrizii sînt mult mai rari, dar și fenomenul este mai puțin studiat.

La pești se cunosc destul de frecvente cazuri de hibridare intergenetică, de pildă între *Abramis* și *Rutilus* sau între acesta din urmă și *Alburnus.* Se cunosc și hibridări între specii aparținînd aceluiași gen.

La amfibieni, cazuri frecvente de hibridare se cunosc între specii aparținînd unor genuri ca *Bufo, Hyla, Triturus.* Două specii ale genului *Bombina* din țara noastră — *B. variegata* și *B. bombina* — formează hibrizi fertili în regiunea dealurilor unde se întîlnesc (P. Bănărescu, 1973).

Asemenea cazuri se cunosc și la păsări și mamifere. Dintre păsări putem cita hibridarea în Europa de Sud și în Peninsula Balcanică a două specii de vrăbii — *Passer domesticus* și *P. hispaniolensis.*

Din punct de vedere evolutiv, hibridarea, atunci cînd se poate produce, poate fi selectiv foarte avantajoasă, sporind potențialitățile adaptative și, deci, evolutive ale formelor hibride față de cele parentale, prin îmbogățirea și diversificarea patrimoniului lor genetic.

Uneori însăși polimorfismul de origine hibridă devine util și atunci se poate conserva și extinde, cum se întîmplă în cazul genurilor *Hiera-*

cium, Salix etc. unde se cunosc sute de forme hibride a căror sistematizare este extrem de dificilă.

Hibridarea însă întîmpină și unele dificultăți. Astfel, adesea hibrizii îndepărtați (obținuți din încrucișarea interspecifică sau intergenerică) sînt complet sau aproape complet sterili. Hibridarea determină apariția heterozigoției cu un heterozis pronunțat care, însă, se pierde în generațiile următoare.

Prin urmare, din punct de vedere evolutiv, valorificarea avantajelor hibridării implică depășirea, într-un fel sau altul, a neajunsurilor menționate. Aceasta se poate obține prin restabilirea fertilității hibrizilor și prin fixarea (stabilizarea) caracterelor heterozice utile în așa fel încît să se transmită nealterate generațiilor următoare. Există două căi mai importante pentru realizarea acestor însușiri.

Prima cale constă în apariția amfidiploizilor. Hibrizii interspecifici sînt de multe ori sterili, pentru că atunci cînd în celulă se întîlnește o garnitură cromozomică haploidă a unui părinte cu garnitura haploidă de la celălalt părinte aparținînd altei specii, cromozomii negăsindu-și omologii nu pot forma perechi. Același lucru se întîmplă cînd se întîlnește o garnitură diploidă cu una străină haploidă, dînd garnitura triploidă. Fertilitatea se restabilește atunci cînd în celule se întrunesc garniturile diploide ale ambelor forme parentale. Atunci fiecare cromozom își găsește omologul său. Acești hibrizi sînt, deci, tetraploizi și se numesc *amfidiploizi*. Amfidiploizii sînt pe deplin fertili, de obicei nu se încrucișează cu nici una din formele parentale. În capitolul privind probele evoluției au fost prezentați mai mulți asemenea amfidiploizi *(Spartina townsendii, Raphanobrassica* etc.). Deci, prin formarea amfidiploizilor se restabilește fertilitatea hibrizilor și se realizează apariția unor noi specii, izolate reproductiv față de formele parentale. Caracteristica acestui proces constă în faptul că aici izolarea reproductivă este chiar momentul inițial al speciației, moment după care urmează realizarea treptată a tuturor trăsăturilor speciei noi (realizarea unui anumit număr de indivizi, ocuparea unui teritoriu, dezvoltarea capacității de concurență etc.) sub controlul selecției naturale.

A doua cale, care permite depășirea sterilității și, totodată, fixarea și păstrarea timp nedefinit a caracterelor heterozice, constă în limitarea sau chiar eliminarea procesului sexual, deci în trecere la înmulțirea agamă (vegetativă, apogamie). În acest caz populațiile respective devin alcătuite din ansambluri de clone, fiecare clonă avînd o constituție genetică heterozigotă. Trecerea la apomixie se poate produce ca urmare a hibridării îndepărtate, care adesea duce la anomalii ale meiozei și la sterilitate, favorizînd apariția înmulțirii apomictice; de asemenea, apariția apomixiei poate fi consecința autopoliploidiei, care și ea duce la anomalii ale meiozei. Pot exista și alte cauze. Într-adevăr, ciclul biologic al unui organism care se înmulțește sexuat cuprinde două procese importante: *meioza* care reduce la jumătate numărul cromozomilor caracteristic generației haploide (gametofit) și *fecundația* care dublează numărul cromozomilor, restabilind garnitura generației diploide (sporofit). Orice anomalie care intervine în desfășurarea unuia sau a altuia din aceste procese deranjează ciclul reproducerii sexuate și poate favoriza apariția apomixiei.

Concluzia care se impune este adesea că hibridarea reprezintă o modalitate importantă de realizare a speciației la plante, mai puțin importantă (de altfel mult mai puțin studiată) la animale.

Speciația prin poliploidie. Este și ea o modalitate de speciație simpatrică, avînd un rol important în evoluția plantelor.

În capitolul privitor la variabilitatea individuală s-a analizat rolul poliploidiei în evoluție, ilustrat prin numeroase fapte. La aceasta trebuie adăugate unele considerații cu privire la rolul concret al poliploidiei în evoluția plantelor.

Din cauza garniturii multiple a cromozomilor, deci a repetării multiple a fiecărei gene, mutațiile, chiar dacă se produc la poliploizi, cu greu ajung să se manifeste în fenotip, dar se pot acumula în stare recesivă. În cazul încrucișărilor poliploizii pot da o mare diversitate de variante care, însă, în general nu depășesc anumite limite. Aceasta explică de ce poliploidia duce la apariția a numeroase forme apropiate între ele, dar nu deschide căi de evoluție, nu duce la schimbări calitative în organizare. Direcțiile principale ale evoluției plantelor sînt, deci, reprezentate prin forme diploide și nu prin cele poliploide.

7.3.3. SPECIAȚIA PRIN MUTUALISM

O cale aparte în procesul speciației, de cele mai multe ori trecută cu vederea, este speciația prin mutualism.

Mutualismul și alte forme de simbioză (vezi *Capit. 4.2*), în dependență de interacțiunea și interdependența funcțională a partenerilor, își pun amprenta asupra trăsăturilor morfologice, fiziologice, reproductive ale fiecăruia și pot duce la apariția unor trăsături noi ale întregului alcătuit din partenerii în interacțiune. Aceste trăsături, care marchează gradul de integrare a partenerilor, în unele cazuri ajung la o asemenea dezvoltare încît fac posibilă și chiar necesară considerarea ansamblului ca un nou taxon. În această categorie intră în primul rînd grupul (tipul) *lichenilor,* care numără peste 18 000 specii. Lichenii, după cum se știe, reprezintă rezultatul conviețuirii a doi componenți principali — ciuperci și alge — la care uneori se adaugă al treilea component — bacteriile. Toți componenții devin integrați perfect în noua unitate, prin interdependențe funcționale, constituind taxonii concreți ai grupului lichenilor. Ciupercile care intră în alcătuirea lichenilor aparțin la grupe diferite (discomicete, pirenomicete, himenomicete) și, de regulă, nu pot trăi în stare liberă. Algele fac parte dintre alge verzi sau din ceanoficee și pot trăi și în stare liberă (A. A. Liubișcev, 1968).

Integrarea componenților este foarte complexă și profundă. Interdependența funcțională constă în faptul că algele, în cadrul lichenului, obțin de la ciuperci apa și săruri minerale, protecția împotriva evaporării și a iluminării prea intense, iar ciupercile folosesc o parte din hidrații de carbon sintetizați de alge și eliberați sub formă de soluții. Dar ciupercile folosesc uneori în hrană învelișurile celulelor algale și chiar celulele vii.

La licheni apar unele trăsături cu totul noi, pe care nu le regăsim nici la ciupercă, nici la algă luate izolat. În pereții celulari ai talului li-

chenului apare în cantitate apreciabilă *lichenina,* un hidrat de carbon apropiat de celuloză. De asemenea, se formează *acidul lichenic* care este secretat la suprafața hifelor și care determină în mare măsură culoarea lichenilor. Ambele substanțe — lichenina și acidul lichenic — sînt specifice grupului lichenilor.

Pentru aprecierea gradului înalt de integrare al partenerilor este semnificativ faptul că la licheni s-a dezvoltat un mod caracteristic de înmulțire vegetativă: prin *soredii* și *izidii.* Sorediile constau din una sau mai multe celule ale algei înconjurate strîns de hifele ciupercii. Ele se răspîndesc prin vînt sau sînt antrenate de apa de precipitații. Izidiile sînt excrescențe ale lichenului, simple sau ramificate, conținînd numeroase celule ale algei situate în împletitura hifelor. Se răspîndesc, după desprinderea lor de talul lichenului, prin vînt sau apă.

Extinderea mutualismului în regnul vegetal și animal este nebănuit de mare. În afară de grupul lichenilor, unde mutualismul a mers pînă la constituirea unor specii și a altor taxoni superiori, rolul acestui fenomen în procesul speciației la alte grupe de plante sau animale este foarte puțin cercetat. Studierea fenomenului ridică probleme dificile. În primul rînd, care trebuie să fie gradul de integrare al partenerilor pentru a îndreptăți considerarea noii unități drept un taxon de sine stătător? În al doilea rînd, după ce criterii putem aprecia gradul de dezvoltare a integrării partenerilor?

Criteriul obligativității mutualismului pentru cei doi (sau mai mulți) parteneri nu este suficient și se pare nici necesar, deoarece pe de o parte, chiar în cazul lichenilor, unul din componenți — alga — de multe ori poate trăi și de sine stătător, iar pe de altă parte se cunosc multe cazuri de mutualism în care componenții sînt strict specializați și nu pot exista de sine stătător și, totuși, nu s-au integrat într-un nou taxon. Un exemplu poate ilustra această situație, și anume, adaptarea reciprocă remarcabilă între fluturele *Pronuba iuccassela* și planta *Iucca* (fam. *Liliaceae*) din America de Nord. Morfologia aparatului bucal al fluturelui, structura ovipozitorului femelei, comportamentul specializat prin care se asigură polenizarea încrucișată a plantei, depunerea ouălelor în carpele, ritmul de dezvoltare strîns corelat cu fiziologia plantei etc., toate aceste trăsături fac existența celor două specii inseparabil legată. Totuși ele reprezintă taxoni foarte diferiți și îndepărtați.

Obligativitatea mutualismului însoțită de endosimbioză — nici ele nu sînt suficiente. De pildă, convietuirea și „colaborarea“ dintre bacterii din genul *Rhizobium* și leguminoase, nu a dus la apariția de noi taxoni. S-ar părea că pentru a ajunge la această stare, procesul de integrare trebuie să fie mult mai avansat mergînd pînă la apariția de trăsături morfo-fiziologice noi, ale întregului, și pe care nu le regăsim la partenerii separați, inclusiv dezvoltarea unor mijloace noi de reproducere, proprii ansamblului.

CAPITOLUL 8

ORIGINEA SPECIEI UMANE

8.1. IMPORTANŢA ŞI ACTUALITATEA PROBLEMEI

Din timpuri străvechi originea omului a suscitat un considerabil interes care nu a slăbit în decursul timpului şi care persistă şi astăzi. Acest lucru este firesc dacă ţinem seama de numeroasele implicaţii ştiinţifice, filozofice, politice, economice ale problemei.

Din punct de vedere riguros biologic, este mai mult decît firesc ca studiind speciile de plante şi animale, originea şi legile evoluţiei lor, biologii să se intereseze şi mai îndeaproape de originea speciei umane, căreia îi aparţinem.

Specia umană este forma superioară de organizare prin care materia vie a ajuns la conştiinţa propriei sale existenţe, la conştiinţa realităţii obiective a naturii care ne înconjoară şi a legilor ei. Se pune însă întrebarea: originea acestei specii şi evoluţia ei au fost şi sînt determinate de aceleaşi legi ca şi ale altor specii, sau evoluţia omului depinde şi de alte legi, de altă natură decît cele biologice, cum sînt legile sociale? Studiul devenirii speciei umane trebuie să răspundă la această întrebare. Dar răspunsul are numeroase implicaţii.

Multă vreme au dăinuit, şi pe alocuri mai dăinuie şi azi, credinţe care atribuie omului originea divină. Există şi importante implicaţii politice legate de atitudinea faţă de problema raselor umane. Politica rasială aplicată încă în unele state ale lumii şi-a arătat rezultatele nefaste. Reprezentanţii ei au căutat şi caută argumente aşa-zise ştiinţifice, biologice, în sprijinul ideii privind inegalitatea raselor umane. Studiul originii şi evoluţiei raselor umane, făcut pe baze riguros ştiinţifice, este însă menit să răstoarne aceste argumente. În sfîrşit, înţelegerea corectă a legilor apariţiei şi evoluţiei omului permite să apreciem just locul nostru în lumea vie a planetei, relaţiile noastre cu această lume, posibilităţile şi limitele utilizării ei în folosul nostru, precum şi necesitatea protejării ei spre binele omenirii.

8.2. LOCUL OMULUI ÎN LUMEA VIE

Apartenenţa speciei umane la lumea vie a planetei noastre este atestată de numeroase fapte: codul genetic, comun tuturor fiinţelor de la cele mai simple organisme pre- şi monocelulare, pînă la plante, animale

şi om; acelaşi, în esenţă, echipament enzimatic, aceiaşi aminoacizi esenţiali; aceleaşi legi ale desfăşurării proceselor esenţiale ale metabolismului (sub aspect material şi energetic); aceleaşi modalităţi ale diviziunii celulare, ale reproducerii sexuate etc.

În clasificarea zoologică, omul este considerat ca făcînd parte din *încrengătura vertebratelor:* are coloană vertebrală, toate piesele scheletului ca şi toate celelalte organe sînt omoloage (au acelaşi plan de organizare, aceleaşi conexiuni şi aceeaşi origine embrionară) cu organele respective de la celelalte vertebrate.

Omul face parte din *clasa mamiferelor,* deoarece posedă trăsăturile esenţiale ale acestor animale: este homeoterm; are inima alcătuită din patru camere, partea stîngă a ei necomunicînd cu partea dreaptă; este vivipar şi alăptează descendenţii; are înveliş pilos. În clasa mamiferelor omul este încadrat în *subclasa placentarelor,* deoarece embrionul se hrăneşte prin intermediul placentei. O serie întreagă de trăsături determină încadrarea omului în *ordinul primatelor* (maimuţelor): membrele anterioare sînt de tip prehensil, avînd degetul mare opozabil; prezenţa unghiilor (în loc de gheare, ca la alte grupe de mamifere); o pereche de mamele; dentiţia nespecializată; înlocuirea dinţilor de lapte; ochii sînt dispuşi anterior (nu lateral) etc. În cadrul primatelor, omul face parte din subordinul *Simiae* şi, împreună cu strămoşii săi direcţi, este încadrat în familia *Hominidae* (vezi schema privind clasificarea ordinului primatelor).

Apartenenţa omului la ordinul primatelor a determinat faptul că o serie de trăsături morfologice, comportamentale şi de altă natură, care au deschis perspectivele umanizării îşi au originea în structura şi modul de viaţă al reprezentanţilor acestui ordin. De aceea, pentru înţelegerea corectă a procesului umanizării, se impune cunoaşterea mai apropiată a unor primate actuale.

8.3. **ORDINUL PRIMATES** (PRIMATELOR)

Deşi cuprinde cele mai evoluate mamifere şi prezintă interes considerabil pentru problema antropogenezei, sistematica ordinului încă nu este bine lămurită, din care cauză interpretarea diferă la diferiţi autori. Deoarece mai jos ne vom referi la diferite forme atît actuale cît şi fosile, prezentăm sistematica întregului ordin, după J. Biegert (1973), cu unele mici completări după alţi autori.

Fără a intra în descrierea taxonilor din ordinul primatelor, vom scoate în evidenţă doar cele mai importante trăsături ale unor grupe sau specii actuale. Aceasta ne va permite să desluşim căile evolutive principale ale primatelor, căi care au creat premisele umanizării şi, deci, au deschis calea apariţiei omului.

Primatele îşi au originea în grupul insectivorelor primitive, arboricole, care în stare fosilă se cunosc din oligocen. Genul actual *Tupaia* (fig. 81), cu cele cîteva zeci de specii, este apropiat de acest grup, din care cauză unii zoologi încadrează acest gen chiar printre insectivore. Speciile acestui gen sînt răspîndite în pădurile Asiei de Sud-Est şi din Filipine. Ca înfăţişare, seamănă cu o veveriţă; duc viaţă arboricolă, au bot alungit,

Ordinul Primates[1]

Subordin **Prosimiae**	
Infraordin *Tupaiiformes* „ *Lemuriformes* „ *Lorisiformes* „ *Tarsiiformes*	gen. *Tupaia* gen. *Lemur* genuri *Loris, Galago* gen. *Tarsius*
Subordin **Simiae**	
Infraordin *Platyrrhina*	
Fam. *Hapalidae* „ *Cebidae*	gen. *Hapale* gen. *Cebus*
Infraordin *Catarrhinae*	
Superfam. *Cercopithecoidea*	
Fam. *Cercopithecidae*	genuri: *Cercopithecus, Macacus, Papio*
Superfam. *Hominoidea*	
Fam. (+) *Oreopithecidae*	genuri: (+) *Apidium* (+) *Oreopithecus*
Fam. *Hylobatidae*	
Subfam. (+) *Pliopithecinae*	genuri: (+) *Pliopithecus* (+) *Limnopithecus* (+) *Aeolopithecus*
Subfam. *Hylobatinae*	genuri: *Hylobates,* *Symphalangus*
Fam. *Pongidae*	
Subfam. (+) *Gigantopithecinae*	gen: *Gigantopithecus*

Subfam. (+) *Dryopithecinae*	genuri: (+) *Propliopithecus* (+) *Aegyptopithecus* (+) *Dryopithecus* (+) *Sivapithecus* (+) *Proconsul*
Subfam. *Ponginae*	genuri: *Pongo, Gorilla, Pan*
Fam. *Hominidae*	genuri: (+) *Ramapithecus* (+) *Australopithecus* specii: (+) *A. africanus* (+) *A. robustus* *Homo:* specii: (+) *H. erectus* *H. sapiens*

[1] Cu (+) sînt însemnate grupele dispărute.

coada lungă, au *labe prehensile*, cu *degetul mare parțial opozabil*, adaptare pentru apucarea ramurilor și cățărare; se hrănesc cu insecte, alte nevertebrate și fructe.

Grupul Lemurienilor. În sens larg (cuprinzînd cele două infraordine *Lemuriformes* și *Lorisiformes*), acest grup este astăzi răspîndit în pădurile din Madagascar, Africa, Asia de Sud-Est. Ca fosile, se cunosc din Eocen. În trecutul geologic trăiau în Europa și America de Nord. Sînt bine adaptate la viața arboricolă: labele celor patru membre sînt *prehensile*, cu *degetul mare opozabil;* cele mai multe degete au unghii (adaptare pentru o mai bună apucare și manipulare a obiectelor). Unele forme primitive mai au gheare, dar degetul mare (opozabil) totdeauna are unghie;



Fig. 81. Tupaia (după A. Brehm).



Fig. 82. Tarsius (după A. Brehm).

coada, lungă, folosește drept cîrmă în timpul salturilor; botul este încă alungit, deși apar unele indicii de *facializare*. Duc viață nocturnă și au nutriția nespecializată — insecte, diferite nevertebrate, fructe, lăstari tineri.

Infraordinul Tarsiiformes. Din acest grup trăiește un singur gen — **Tarsius** (fig. 82) ale cărui trei specii își duc viața în pădurile din Arhipelagul Malaiez și Filipine. În trecutul geologic grupul era răspîndit mult mai larg. Speciile actuale, de mărimea unui șobolan, întrunesc o serie de trăsături interesante și semnificative. Sînt animale nocturne, cu botul scurt și ochi foarte mari *deplasați anterior*, permițînd vederea stereoscopică — *adaptare importantă pentru aprecierea distanței*, ținînd seama că animalele se deplasează în salturi, de pe o ramură pe alta. Salturile făcîndu-se cu ajutorul picioarelor posterioare, acestea sînt mult mai dezvoltate decît cele anterioare (*specializare* la viața arboricolă). Degetul mare este opozabil, labele deci *prehensile*. Cu excepția degetelor posterioare 2 și 3, toate celelalte degete au unghii. Dar aici apare o altă trăsătură de specializare: degetele se termină prin niște umflături, numite *pernițe adezive*. În repaus, animalele obișnuiesc adesea să șadă „în capul oaselor". Acest comportament este deosebit de important pentru că în timpul acesta poziția corpului este verticală, iar membrele anterioare devin libere și pot fi folosite pentru ținerea și manipularea unor obiecte (hrana). Această poziție probabil este cea care a determinat, corelat, deplasarea anterioară a orificiului occipital, permițînd o mai bună echilibrare a capului.

Prin urmare, la acest mic grup găsim îmbinate unele trăsături progresive pe care le regăsim pe căile pe care s-a desfășurat umanizarea (vederea stereoscopică, facializarea, poziția verticalizată a corpului, eliberarea membrelor anterioare, deplasarea anterioară a orificiului occipital,



Fig. 83. Maimuţe din grupul platyrrhinelor (după A. Brehm).

prehensia, unghiile), cu adaptări specializate (locomoţia prin salturi, cu dezvoltarea puternică a membrelor posterioare, perniţe adezive) care leagă indisolubil evoluţia grupului de viaţa arboricolă.

Maimuţele propriu-zise *(Simiae)*. Sînt reprezentate de două grupuri (infraordine) bine distincte: *Platyrrhina* şi *Catarrhina*. Primele sînt maimuţe răspîndite doar în America de Sud şi Centrală. Sînt exclusiv arboricole, specializate. Numele lor vine de la nasul turtit, lat, cu nările orientate lateral. La cele mai multe specii coada este lungă şi prehensilă, ajutînd la locomoţie (fig. 83). Nu se constată tendinţe evolutive semnificative în cadrul acestui grup.

Infraordinul Catarrhina. Este mult mai complex, cu tendinţe evolutive multiple şi bine diferenţiate.

Familia Cercopithecidae. Este de departe cel mai numeros şi diversificat grup din toate maimuţele. Este răspîndită în întreaga Africă, jumătatea sudică a Asiei, Arhipelagul Malaiez, în Filipine, Japonia. Cele mai multe specii duc viaţă diurnă, sînt arboricole căţărătoare, au *unghii* la toate degetele, vedere *stereoscopică*, dentiţie nespecializată, hrana *omnivoră* (fructe, frunze, lăstari, nevertebrate). La speciile arboricole, în general, coada este lungă, dar la unele forme este scurtă sau chiar lipseşte. Cînd este prezentă, nici odată nu este prehensilă. Au calozităţi fesiere, adesea colorate, legate de obiceiul de a sta „în capul oaselor". Unii reprezentanţi ai familiei au trecut la *viaţa terestră* (paviani, mandrili) şi la *locomoţia cvadripedă* (fig. 84), ceea ce a adus o serie de schimbări anatomice corelative. Toate speciile duc viaţa în turme cu o anume organizare şi adesea cu o strictă ierarhizare de grup (ex.: pavianii).



Fig. 84. Babuin (după A. Brehm).

Superfamilia Hominoidea. Cuprinde trei familii actuale: *Hylobatidae, Pongidae* şi *Hominidae.*

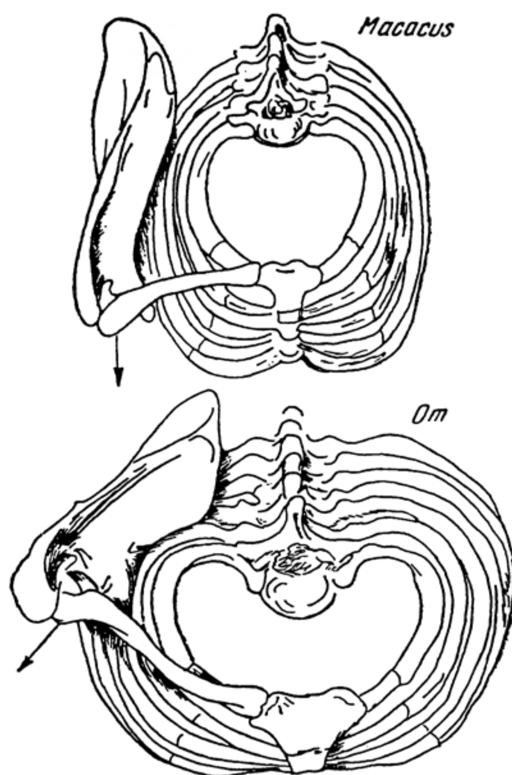


Fig. 85. Forma cuştii toracice şi poziţia centurii scapulare la om *(jos)* şi la maimuţă *(sus)*.



Fig. 86. Gibon (din O. Necrasov, 1971).

Cîteva trăsături anatomice comune celor trei familii marchează o nouă tendinţă evolutivă: cuşca toracică se lărgeşte (faţă de celelalte maimuţe) şi, totodată, se produce o turtire dorso-ventrală a ei, cu deplasarea coloanei vertebrale spre mijlocul cuştii (fig. 85). Sternul se lăţeşte şi el. Bazinul se lăţeşte şi se apropie de cuşca toracică prin reducerea numărului vertebrelor lombare de la 7 la alte maimuţe, la 5—3 la acestea. Numărul vertebrelor sacrale creşte la 4—8 (de la 3), a celor coccigiene scade considerabil, de la circa 25 la 2—4, şi acestea adesea rudimentare. Centura scapulară se deplasează spre poziţia laterală, mărind considerabil mobilitatea membrelor anterioare faţă de corp. Mîna, cu degetul mare foarte mobil, este capabilă de manipulări mai complexe şi mai fine.

Fam. Hylobatidae este reprezentată astăzi prin două genuri — *Hylobates* şi *Symphalangus* — răspîndite în Arhipelagul Malaiez şi Peninsula Indochineză. Gibonul *(Hylobates lar)* — reprezentant tipic al familiei, are mîini foarte lungi, ajungînd aproape de pămînt cînd animalul stă în poziţia verticală (fig. 86). Talia este de aproximativ 0,9 m. Caracteristica întregului grup este locomoţia, care se face prin *brachiaţie:* balansare pe mîini, urmată de salturi uriaşe care ajung la peste 10 m, urmînd cu

rapiditate un salt după altul, cu o extraordinară precizie în aprecierea distanței și a locului de aterizare. Brachiația reprezintă o strictă specializare, care a legat indisolubil existența hlobatidelor de viața arboricolă.

Familia Pongidae are ca reprezentanți actuali orangutanul *(Pongo pygmaeus)* din Insulele Kalimantan (Borneo) și Sumatera și două genuri africane — cimpanzeul *(Pan)* și gorila *(Gorilla)*.

Orangutanul duce viața arboricolă, locomoția este de tip brachiator, deși este mult mai greoi decît gibonii. Talia este de aproximativ 1,5 m, iar greutatea poate depăși 70 kg. Anvergura mîinilor atinge 2,1—2,4 m. Are 12 perechi de coaste. Își fac cuiburi pe timpul nopții în copaci. Se hrănesc mai ales cu vegetale. Capacitatea craniană variază între 300—400 cm^3.

Cimpanzeul trăiește în pădurile tropicale din zona centrală a Africii. Talia variază între 1,50—1,70 m, iar greutatea ajunge la 70 kg. Duce viață arboricolă, dar adesea se deplasează pe sol, în poziție semiverticală, uneori prin mers biped. Își duc viața în grupuri organizate. Își construiesc adăposturi pe timpul nopții în copaci. Mîinile sînt relativ mai scurte decît la formele precedente, iar picioarele mai lungi. Se hrănesc cu vegetale. Mimica și gesticulația sînt dezvoltate; emit variate sunete ca mijloc de comunicare și se educă ușor în captivitate. Cimpanzeul are capacitatea craniană de 350—500 cm^3 și prezintă 13 perechi de coaste.

Gorila trăiește și ea în zonele păduroase ale Africii Centrale. Este cel mai mare antropoid, talia ajungînd la 2 m iar greutatea la 270 kg. Greutatea mare a corpului îngreuiează viața arboricolă, ceea ce face ca gorilele de cele mai multe ori să se deplaseze pe sol, în poziție semiverticală, sprijinindu-se și pe membrele anterioare. Mîinile se scurtează și mai mult în raport cu picioarele. Trăiesc în grupuri și își contruiesc adăposturi în copaci, la înălțime mică. Se educă greu. Gorila are capacitatea craniană de 400—650 cm^3 și 13 perechi de coaste.

*

În urma acestei succinte prezentări a primatelor, putem desprinde cîteva tendințe mai importante în evoluția lor.

În general, evoluția grupului a mers pe linia adaptării la viața arboricolă. La unele grupe *(Hylobatidae)* s-a produs o specializare ireversibilă prin dezvoltarea *brachiației* ca mod de locomoție. O altă linie evolutivă a constat în *părăsirea treptată a vieții arboricole și adaptarea la viața terestră.* Aceasta se produce la unele catarrhine care trec la locomoția cvadripedă și la oameni (hominide), care trec la locomoția bipedă.

Trebuie subliniat ca esențial pentru linia umanizării faptul că revenirea la viața terestră s-a produs după viața arboricolă, deci avînd moștenite adaptările (nu specializările) acesteia din urmă. Această moștenire a adaptărilor arboricole a deschis o serie de perspective evolutive cu totul noi: posibilitatea *stațiunii bipede,* cu eliberarea mîinilor de funcția locomotoare; *opozabilitatea* degetului mare, cu posibilitatea apucării, ținerii, manipulării diferitelor obiecte, a folosirii și apoi a fabricării uneltelor; dezvoltarea *unghiilor* care înlesnesc prehensia și-i sporesc puterea; dentiția nespecializată și *hrana generalizată* (omnivoră); dezvoltarea *vederii stereoscopice; facializarea* și *encefalizarea;* creșterea mobilității mîinii legată de reorientarea centurii scapulare; dezvoltarea vieții de grup, a apărării în cadrul grupului, a mijloacelor de comunicare între indivizi.

8.4. ORIGINEA OMULUI ACTUAL

Compararea celor mai diferite trăsături morfologice, fiziologice, biochimice, genetice, comportamentale ale omului actual *(Homo sapiens)* cu respectivele caractere ale maimuțelor antropomorfe actuale (orangutan, cimpanzeu, gorilă) arată că, deși acestea sînt cele mai apropiat înrudite cu omul dintre toate animalele, specia umană actuală nu descinde direct din nici una dintre aceste specii, iar înrudirea cu ele este foarte complexă: prin unele caractere ne apropiem de unele specii, prin altele de alte specii. Aceasta arată că atît maimuțele antropomorfe, cît și omul descind dintr-un grup strămoșesc comun, din care s-au desprins mai multe linii evolutive. Una din aceste linii a culminat cu apariția omului.

Sărăcia relativă a resturilor fosile, caracterul lor fragmentar, incomplet, dificultățile interpretării acestor resturi, fac ca să nu existe o unanimitate de păreri privind seria formelor strămoșești care au dus la om. Fără a intra în discutarea diferitelor ipoteze, vom adopta aici părerea că seria strămoșilor, care a dus la om, este alcătuită din următoarele grupe: driopitheci — ramapitheci — australophiteci — om.

Driopithecii. Numeroși antropologi admit că driopithecinele reprezintă grupul de origine atît al pongidelor, cît și al hominidelor. Driopithecii, în sens larg, se cunosc din miocen (acum circa 15—25 milioane ani) și aveau o foarte largă răspîndire geografică în Africa, Europa, Asia. Examinarea resturilor fosile numeroase, dar foarte incomplete permite să se presupună că driopithecii trăiau în păduri tropicale și în savane cu arbori. Nu aveau o locomoție specializată, putînd să se deplaseze bine atît pe copaci cît și pe sol. Erau omnivori.

Se admite că la sfîrșitul miocenului și începutul pliocenului schimbările climatice au dus la o însemnată restrîngere a pădurilor și extinderea savanelor. În această perioadă, din grupul mare al driopithecilor se diferențiază maimuțele antropomorfe actuale — orangutanul, cimpanzeul, gorila —, care rămîn legate de viața arboricolă din zone cu păduri dense.

Ramapithecii. Pe o altă linie care a dus la apariția unor forme bipede, din grupul driopthecilor s-a desprins grupul ramapithecilor, primii reprezentanți ai familiei *Hominidae.*

Ramapithecus avea, de asemenea, o foarte largă răspîndire geografică, resturi fosile ale lui fiind cunoscute începînd din miocen, în Africa, Europa și Asia.

Deși resturile fosile ale ramapithecilor constau deocamdată doar din dinți și mandibule, caracterele lor permit să se considere că ei sînt predecesorii miocenici și pliocenici ai australopithecilor, grup cu rol esențial în apariția omului.

Australopithecii. Primele resturi fosile au fost descoperite în 1924. Astăzi se cunosc numeroase urme fosile ale lor, provenind din sudul și estul Africii. Se admite că au existat trei specii de *Australopithecus: A. africanus, A. robustus* și *A. boisei,* probabil cu mai multe rase, deci erau specii politipice (vezi *Capit. Specia*). Dintre aceste specii, *A. robustus* ajunge la o talie de aproximativ 160—165 cm și o greutate pînă la 50 kg, iar *A. africanus,* ceva mai mic și mai gracil, avea o talie de

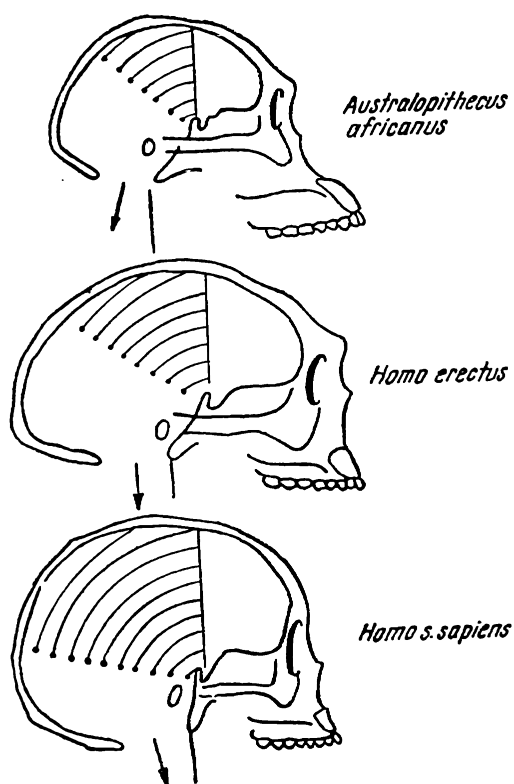


Fig. 87. Evoluția filogenică a morfologiei craniului la *Hominidae: Australopithecus africanus, Homo erectus* și *Homo s. sapiens.* Se observă deplasarea orificiului occipital spre anterior, rotunjirea craniului, forma și poziția maxilarului superior (după J. Biegert, 1973).

aproximativ 140 cm și o greutate între 20—30 kg, iar capacitatea craniană era cuprinsă între 435—640 cm³.

Australopithecii reprezintă strămoșii direcți ai speciilor genului *Homo*. Într-adevăr, analiza atentă a resturilor scheletelor găsite arată că structura bazinului — cu ilionul larg și scurt (ca la om) și a întregii centuri pelviene — este mai apropiată de tipul uman decît de cel al antropomorfelor. Această arată că austrolopithecii aveau *mersul biped și poziția corpului verticală.* Deci, în cadrul acestui grup s-a realizat trăsătura hotărîtoare pe linia umanizării (fig. 87). Corelativ cu această schimbare, se constată deplasarea ușoară spre anterior a orificiului occipital, procesul facializării mai pronunțat decît la antropomorfe, schimbarea proporțiilor între membrele anterioare și posterioare (prin lungimea relativ mai mare a picioarelor față de antropomorfe), dentiția ca și forma mandibulei fiind de tip uman, ceea ce arată hrana omnivoră.

Toate aceste trăsături duc la concluzia că australopithecii reprezintă linia evolutivă care a părăsit definitiv viața arboricolă, trecînd la viața în teren deschis. În acest mediu, calitativ diferit, au putut fi valorificate din plin adaptările (și nu specializările) la viața arboricolă, elaborate în decursul îndelungatei evoluții a strămoșilor acestor specii. Mîinile, eliberate de funcția locomotoare, au putut prelua funcții importante: procurarea hranei, apărarea (reducerea caninilor, între altele, arată că dinții treptat au pierdut această funcție), ținerea puilor, îngrijirea corpului, manipularea diferitelor obiecte.

Datele existente pînă în prezent arată că australopithecii *foloseau* ca unelte diferite obiecte naturale, ca pietre, bețe, oase. Pînă în prezent nu există dovezi convingătoare că *făceau unelte.* De asemenea, nu este sigur că au învățat să *folosească focul,* și cu atît mai puțin să-l producă.

Perioada de existență a australopithecilor se întinde din pliocen, acum circa 5 000 000 ani (poate și mai mult) pînă acum 700 000—

800 000 ani, în pleistocen. Se pare că dintre toate speciile, cea care a reuşit să supravieţuiască mai mult, şi din care au derivat speciile genului *Homo*, a fost *A. africanus*.

8.5. EVOLUŢIA SPECIILOR GENULUI HOMO

8.5.1. ARHEANTROPII (HOMO ERECTUS)

Evoluţia unei specii de australopithec (posibil *A. africanus*), sau mai curînd a uneia din rasele sale, a dus la apariţia primelor forme din grupul *arheantropilor* (oameni străvechi), care toţi aparţin speciei *Homo erectus* (fig. 88). Resturile fosile ale acestei specii arată că ea ocupa un areal extrem de vast, întins pe trei continente — Africa, Asia, Europa, precum şi în insulele din sud-estul Asiei. Resturile fosile din diferite locuri, şi avînd vîrste geologice diferite, au fost descrise sub diferite denumiri. Revizuirea acestor forme a permis încadrarea lor în specia *Homo erectus*, cu apartenenţa rasială diferită (vezi tab. 10, întocmit pe baza datelor O. Necrasov, 1971).

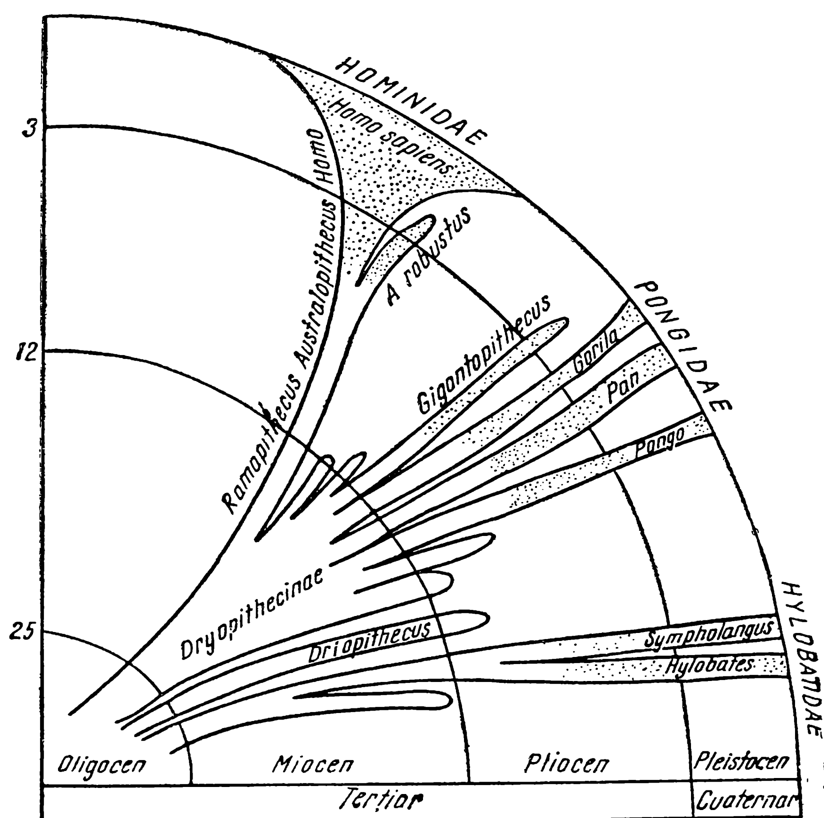


Fig. 88. Originea şi relaţiile filogenetice ale hominidelor (după J. Biegert, 1973).

Tabelul 10

Nomenclatura inițială și actuală a arheantropilor

Nomenclatura inițială	Nomenclatura actuală	Proveniența geografică	Anul descoperirii
Pithencanthropus erectus	*Homo erectus erectus*	Insula Djawa	1891
Pithecanthropus robustus	*H. e. robustus*	Insula Djawa	1936—1939
Pithecanthropus modjokartensis	*H. e. modjokartensis*	Insula Djawa	1936—1939
Sinanthropus pekinensis	*H. e. pekinensis*	R. P. Chineză	1927
Sinanthropus lantianensis	*H. e. lantianensis*	R. P. Chineză	1964
Atlanthropus mauritanicus	*H. e .mauritanicus*	Africa de Nord	1954—1956
Homo habilis	*H. e. habilis*	Africa de Est	1960
Omul chelleian	*H. e. leakeyi*	Africa de Est	1960
Telanthropus capensis	*H. e. capensis*	Africa de Sud	1949
Homo heidelbergensis	*H. e. heidelbergensis*	Germania	1907
Homo erectus palaeohungaricus	*H. e. palaeohungaricus*	R. P. Ungară	1962

Nomenclatura actuală, trinară, arată că *Homo erectus* era o specie politipică și pe întinderea vastului său areal era reprezentată prin numeroase rase geografice (subspecii). Este rezultatul unui proces de speciație geografică (alopatrică): pornind probabil de pe continentul african, pe măsura răspîndirii și instalării pe noi teritorii, populațiile de *H. erectus* rămîneau în relativă izolare unele față de altele, evoluînd divergent și dobîndind trăsături caracteristice. Acest proces însă, în cele mai multe cazuri nu a depășit limitele speciei (vezi și Capit. *Speciația)*, ajungînd doar la rang de rasă.

Ca înfățișare, arheantropii semănau destul de mult cu specia umană actuală. Aveau totuși unele trăsături primitive: arcadele sprîncenelor dezvoltate, fruntea joasă și teșită, nasul mic și plat, lipsa bărbiei proeminente. Mersul era biped și postura aproape perfect verticală. Capacitatea craniană, dacă ținem seama de toate rasele arheantropilor, era cuprinsă între limite foarte largi, de la 680 cm^3 la *H. e. habilis* la 1 225 cm^3 la *H. e. pekinensis* (la *H. e. palaeohungaricus* capacitatea craniană cu siguranță era mai mare, dar nu a putut fi determinată exact). La arheantropii din Djawa, capacitatea craniană era cuprinsă între 775—900 cm^3 (media, 860 cm^3).

Durata existenței și evoluției arheantropilor se întinde pe o perioadă care, probabil, depășește două milioane de ani. Într-adevăr, fosile de *H. e. habilis* găsite în Africa de Est (Tanzania) au fost estimate ca avînd vîrsta de aproximativ 1 800 000 ani. Desigur, el exista mai de mult. Această vechime arată că o perioadă destul de lungă arheantropii africani au coexistat cu australopithecii. Ceilalți arheantropi sînt mult mai recenți: arheatropii din Djawa au o vechime de aproximativ 500 mii ani, cei din China aproximativ 400 mii ani, ca și cei din Europa, iar cei din Africa de Nord 360 mii ani. Prin urmare, arheantropii au dispărut acum circa 300—400 mii de ani.

Studiul resturilor fosile ale arheantropilor şi ale activităţii lor permit o reconstituire destul de corectă şi amplă a modului lor de trai. Arheantropii *ştiau să producă unelte* pentru diferite folosinţe (vînătoare, apărare, jupuirea pieilor şi prelucrarea lor). Acest fapt reprezintă un salt calitativ esenţial pe linia evoluţiei omului faţă de australopitheci. Studiul unor peşteri unde au trăit multe generaţii ai arheantropilor din China arată prezenţa unor groase straturi de cenuşă, care demonstrează că arheantropii *ştiau să folosească focul* aprins pe cale naturală pe care-l întreţineau timp îndelungat. Nu se cunoaşte dacă puteau să şi producă focul. Acesta era folosit pentru încălzire, apărare şi prelucrarea alimentelor. Sursa de hrană o reprezentau vegetalele şi numeroase animale care erau vînate. Resturile animalelor găsite, împreună cu cele ale arheantropilor, aparţin la numeroase specii: păsări, rozătoare, mamifere mari (bivoli, rinoceri, cerbi etc.).

Studiul resturilor umane (cranii cu spărturi prin lovire, pe partea (stîngă mai ales) arată că arheantropii probabil erau şi canibali şi erau dreptaci, ca majoritatea oamenilor actuali.

Nu este clarificată încă problema limbajului. Unii cercetători, pornind de la faptul că în dezvoltarea copiilor actuali vorbirea apare cînd masa creierului este de aproximativ 750 g, şi aplicînd legea biogenetică fundamentală, consideră că la arheantropi s-a produs şi acest pas hotărîtor — apariţia graiului articulat. Activitatea complexă a arheantropilor: viaţa în grupuri, producerea de unelte, folosirea focului, vînarea unor animale mult mai puternice decît aceşti oameni, activităţi care implicau bune mijloace de comunicaţie între indivizi, îndreptăţeşte şi acest punct de vedere.

8.5.2. PALEANTROPII (NEANDERTALIENII)

Pornind de la una sau mai multe forme (rase) ale arheantropilor, au apărut acum 200—300 mii ani paleantropii, denumiţi şi *neandertalieni,* deoarece prima descoperire a resturilor fosile s-a făcut în valea Neanderthal, lîngă Düsseldorf (1856). Răspîndirea acestor oameni era foarte largă (Europa, Africa, Asia) pe glob, iar variabilitatea şi diversitatea formelor, considerabile. La formele sau grupurile de forme se găsesc îmbinate, în diferite proporţii şi grade de dezvoltare, caractere primitive şi caractere progresive care le apropie de specia umană actuală *(H. sapiens).* Din această cauză, rangul taxonomic şi apartenenţa specifică a paleantropilor nu sînt stabilite cu toată certitudinea. Unii specialişti consideră că paleantropii reprezintă o specie de sine stătătoare — *Homo neandertalensis,* iar alţii consideră că este doar o rasă a omului actual — *Homo sapiens neandertalensis.* Din aceste motive, acest taxon nu a fost inclus în tabelul sistematic al ordinului primatelor, reprodus în acest capitol.

Înfăţişarea generală a neandertalienilor se apropia mult de cea a omului actual *(H. sapiens),* dar unele trăsături aveau caractere de primitivitate: fruntea joasă şi teşită, arcada sprîncenelor evidentă şi continuă (doar la unele forme evoluate are tendinţa de întrerupere la mijloc), dezvoltarea slabă a bărbiei, gîtul scurt şi masiv, talia de aproximativ 1,60 m (unele forme ajungeau chiar la 1,80 m), capacitatea craniană era în jur de 1 500 cm^3. Structura oaselor scheletului (poziţia orificiului occipital

mai posterioară decît la omul actual, structura centurii pelviene, a femurelor etc.) arată că umblau cu genunchii ușor îndoiți și cu capul aplecat înainte.

Foloseau focul ca mijloc de apărare, de preparare a hranei, de încălzire (au trăit în perioada marilor glaciațiuni).

Neandertalienii trăiau în colectivități, vînau animale mari, prelucrau unelte, foloseau îmbrăcăminte rudimentară din piei de animale vînate. Practicau și canibalismul. Foloseau focul și, probabil, știau să-l producă.

O problemă încă nerezolvată este aceea a poziției lui *H. neandertalensis* în filogenia lui *H. sapiens*.

Unii antropologi consideră că neandertalienii nu reprezintă o tranziție spre *H. sapiens* ci o direcție evolutivă proprie lor și descind din strămoși comuni cu ai lui *H. sapiens*. Cele mai multe păreri însă converg către ideea că pe arealul întins al neandertalienilor s-a produs o evoluție divergentă a diferitelor grupuri. Unele din ele, cu predominanța trăsăturilor primitive, s-au stins, altele însă, caracterizate prin trăsături progresive mai pregnante, au reprezentat precursorii direcți ai speciei *Homo sapiens*.

Desigur, nu este o simplă coincidență faptul că paleantropii cei mai evoluați au trăit în zona Mediteraneeană și tot acolo au apărut și primii reprezentanți ai speciei *H. sapiens*, adică a neantropilor.

Neandertalienii au dispărut acum aproximativ 40 000 ani.

8.5.3. NEANTROPII (HOMO SAPIENS)

În 1868, în localitatea Cro-Magnon din Franța, au fost descoperite primele resturi fosile aparținînd speciei umane actuale. Era așa-numitul *omul de tip Cro-Magnon* (sau *Homo sapiens fossilis*), deci ar avea rang de rasă a omului actual.

Ulterior, fosilele aparținînd acestui tip, în diferite variante, au fost descoperite în multe locuri din Europa (inclusiv în România — peștera de la Cioclovina — jud. Hunedoara, peștera „La Adam" — jud. Tulcea etc.), precum și în Africa și Asia.

Înfățișarea și alcătuirea acestui om erau întrutotul asemănătoare cu ale omului actual. *H. s. fossilis* avea talia 1,60—1,80 m, iar capacitatea craniană depășea 1 700 cm^3. Vechimea fosilelor acestor oameni este apreciată la 20 000—35 000 ani. Este aproape sigură coexistența în timp a lui *H. s. fossilis* cu neandertalienii.

Răspîndirea largă a lui *H. s. fossilis* pe teritorii cu condiții de viață diferite, unde populațiile lui au existat timp îndelungat în relativă izolare, explică larga variabilitate a diferitelor trăsături și chiar a ritmului în care au evoluat aceste populații.

Pe lîngă caracterele comune, de tip Cro-Magnon, ale acestor oameni, după cum arată O. Necrasov (1971, pg. 218): „la unii dintre ei apar deja unele începuturi de diferențiere: în Asia, spre tipul mongoloid, în Africa, spre tipul negroid. Aceste diferențieri se vor accentua mai tîrziu, în mezolitic și apoi în neolitic (care aparțin deja holocenului), corespunzînd unor fenomene de specializare".

8.6. ROLUL FACTORILOR BIOLOGICI ȘI SOCIALI ÎN EVOLUȚIA OMULUI

După cum s-a arătat în paragrafele precedente, primul pas hotărîtor în procesul apariției omului s-a produs încă în pliocen, acum cîteva milioane de ani, cînd din cauza schimbărilor climatice pădurile s-au restrîns și s-au extins savanele. Aceasta a făcut ca unele maimuțe superioare să adopte un nou mod de viață — *terestru*, și un nou mod de locomoție — *biped*. Acest fenomen s-a produs încă în faza australopitecilor și a continuat mai accentuat în faza arheantropilor *(Homo erectus)*.

Trecerea la viața terestră a schimbat radical relațiile acestei prime specii umane cu mediul de viață. Acești oameni, mai mici și mai slabi decît multe mamifere carnivore din timpul acela, aveau ca mijloc de apărare cel mai sigur viața în turmă, în grup, moștenită încă din timpul vieții arboricole a maimuțelor. Sudura colectivității era determinată nu numai de apărare directă, dar și de procurarea hranei (vînătoare) care era mai spornică în grup și de adăposturi colective (peșteri, de pildă). Concomitent, poziția tot mai verticală și locomoția bipedă și-au pus amprenta asupra întregii organizări anatomo-morfologice a omului: curburile coloanei vertebrale, schimbarea formei bazinului, a poziției centurii scapulare, a poziției orificiului occipital, a poziției și formei corpului, facializarea, cerebralizarea etc.

Mîinile, eliberate de funcția locomotoare, erau tot mai intens și mai divers utilizate pentru folosirea diferitelor obiecte naturale drept unelte.

Întreaga această evoluție, care a durat sute de mii de ani, era controlată aproape în întregime de legi biologice, și pe primul loc selecția naturală și doar într-o măsură neînsemnată de legi sociale. Într-adevăr supraviețuiau, se perpetuau și se extindeau acele populații care, prin capacitățile fizice și psihice ale indivizilor lor și prin organizarea grupurilor, făceau față cu mai mult succes vicisitudinilor mediului abiotic și biologic în care trăiau.

Dar chiar în această etapă apar, încă în stare rudimentară, niște factori noi, de altă natură, care își pun amprenta asupra evoluției omului. Este vorba de *utilizarea uneltelor și a focului*. Este adevărat, încă nu se poate vorbi de unelte făcute de om ci doar de obiecte naturale (bețe, pietre, oase folosite pentru apărare, atacare, vînătoare etc.) și asemenea comportamente le întîlnim și la unele maimuțe. Dar esențial este că la maimuțe aceasta reprezintă o comportare accidentală, în timp ce la om folosirea obiectelor naturale ca unelte devine un fenomen de masă, un comportament normal, care schimbă relațiile lui cu mediul și cu semenii săi; puterea lui fizică este sporită și acțiunea ei se poate exercita la distanță (aruncarea pietrelor, bețelor), fenomene neîntîlnite în mod normal la alte animale. Eficiența acestor unelte depindea de abilitatea fiecăruia în alegerea obiectelor și în manipularea lor, iar aceasta a constituit un factor stimulator al gîndirii.

În mod deosebit trebuie subliniată folosirea focului. Chiar dacă nu era produs de om ci doar preluat din incendii naturale și apoi întreținut, focul devine un mijloc, o „unealtă" cu totul nouă care, prin eficiența ei pentru încălzire, apărare și prin efectele ei datorită prelucrării hranei (carnea friptă) a reprezentat una din cele mai importante cuceriri ale

omului, dobîndită încă în faza de arheantrop. Aceste două fenomene — utilizarea drept unelte a obiectelor naturale și folosirea focului — au pregătit era predominanței factorilor sociali față de cei biologici în evoluția omului.

Momentul (la scară geologică) hotărîtor în acest proces l-a reprezentat începutul prelucrării obiectelor, deci *a producerii de unelte*, pentru că, odată cu aceasta, apare *procesul muncii* — proces de transformare conștientă a naturii înconjurătoare.

Confecționarea uneltelor, cu funcționalități tot mai diferențiate și specializate, cu eficiență tot mai mare, ridică în fața omului probleme numeroase și complexe: procurarea de materiale cît mai potrivite, prelucrarea lor cît mai bună, ajutorarea reciprocă între oameni în aceste procese. Gîndirea este mereu stimulată de aceste preocupări, iar mîna din ce în ce mai solicitată devine tot mai mobilă, capabilă să execute operații tot mai diverse, mai complexe și mai fine.

Munca și utilizarea produselor ei a sudat și mai mult colectivitățile umane, a determinat dezvoltarea creierului, a gîndirii, a determinat dezvoltarea mijloacelor de comunicație între oameni, ducînd la apariția *limbajului articulat* și a *vieții sociale.*

Odată cu dezvoltarea procesului muncii, cu consecințele lui complexe, rolul legilor biologice, în primul rînd al selecției naturale, trece pe un plan secundar, iar evoluția omului este determinată în principal de legile sociale.

În mod firesc, se pune întrebarea: în evoluția lui *Homo sapiens* legile biologice mai au vre-un rol? Fapt este că începînd cu omul de tip Cro-Magnon (deci de acum cîteva zeci de mii de ani) aspectul morfo-fiziologic al omului, practic, nu s-a schimbat. Dar la fel de cert este faptul că tocmai în acest interval s-a produs cea mai spectaculoasă evoluție a umanității, ajungîndu-se la uimitoarele realizări în domeniul artei, științei, tehnicii. Ceea ce a evoluat, deci a fost *societatea umană* și nu aspectul morfo-fiziologic al indivizilor. A evoluat organizarea socială, au evoluat relațiile inter-umane determinate în esență de modul de producție (de asemenea, un fenomen social).

Aceasta nu înseamnă că toate legile biologice care acționau asupra omului și-au încetat acțiunea. Legile biologice de nivel individual, legile proceselor fiziologice, legile dezvoltării individuale, legile biochimice și fizico-chimice ale proceselor metabolice ale vieții celulare funcționează la om ca și la alte animale. Variabilitatea și ereditatea la om urmează și ele aceleași legi. Într-adevăr, procesul apariției mutațiilor se produce aproximativ în același ritm ca la alte specii de animale. Mai mult, în diferite populații umane, sub diferite aspecte și cu diferite intensități, acționează selecția naturală. Polimorfismul genetic al populațiilor umane (grupele de sînge, rezistența la malarie — vezi Capit. *Specia*) este unul din rezultatele selecției naturale. Dezvoltarea actuală a științei și tehnologiei (tratamentul maladiilor ereditare precum și a altor boli) tinde să diminueze și mai mult rolul selecției. Evoluția socială a omului, care reprezintă conținutul esențial al evoluției umane, este guvernată în întregime de *legi sociale,* legi specifice pentru *Homo sapiens.*

8.7. RASELE UMANE

Problemele pe care le ridică studiul raselor umane au o mare importanță nu numai riguros biologică (originea, evoluția raselor, relațiile interrasiale etc.) dar și socială, ideologică și politică, dat fiind că într-o serie de state în trecut, și în unele țări în prezent se practică politica rasistă, pornind de la interpretări neștiințifice și subiective ale datelor biologice privind apariția și evoluția raselor umane.

Studiul raselor umane actuale constituie obiectul *raseologiei,* o ramură a antropologiei.

Cercetările raseologice arată că specia *Homo sapiens,* ca foarte multe alte specii zoologice, nu este omogenă ci este *politipică* și *polimorfă* (vezi Capit. *Specia*). Politipismul acestei specii se manifestă prin existența mai multor rase cu caracter geografic.

Toate definițiile speciilor biologice bisexuate scot în evidență încrucișarea liberă, fertilă dintre indivizii unei specii drept criteriu de bază pentru delimitarea speciilor și, deci, pentru aprecierea apartenenței indivizilor la specia dată. Aplicînd aceasta la specia umană actuală, apare evident că toți oamenii aparțin unei singure specii — *Homo sapiens.*

Rasele umane, ca manifestare a politipismului speciei, reprezintă o realitate obiectivă. Problema dificilă la om, ca și la alte specii, este aceea a criteriilor de delimitare al raselor. În 1951, U.N.E.S.C.O. a adoptat definiția raselor dată de geneticianul Th. Dobzhansky: *„Grupe (populații) care se deosebesc între ele prin prezența sau prin frecvența unor anumiți factori ereditari“.*

Aplicarea acestei definiții la rasele umane, ca dealtfel și studiile antropologice clasice bazate pe criterii morfologice (culoarea pielii, forma capului, a părului, trăsăturile feței etc.), permite delimitarea a *patru grupe* (sau *cercuri*) de rase: *europidă* (albă), *mongolidă* (galbenă), *negridă* (neagră) și *australidă* (băștinași australieni).

Subîmpărțirea acestor rase mari în subunități, pe baze genetice, este foarte dificilă. Caracterele morfologice menționate, ca și altele, au determinismul *poligenic* și, ca atare, fac practic inaplicabile încercările de analiză genetică populațională la om.

Mai mult chiar, caracterele menționate — *morfologice* și *morfometrice* — se află sub influența nemijlocită a condițiilor de mediu, a modului de viață al oamenilor și, deci, nu reflectă decît într-o măsură restrînsă informația genetică și legăturile filogenetice dintre grupurile umane.

Mai utile par a fi caracterele controlate *monogenic* sau de către puține gene și, totodată, mai puțin supuse influențelor directe ale mediului. În această categorie intră *caracterele genetice ale sîngelui.* Astfel, sîngele omului conține mai multe sisteme genetice (grupuri de factori ereditari) care se transmit independent unul de altul. Principalele și primele cunoscute mai bine sînt sistemele de factori ereditari *ABO, MN,* și factorul *„Rhesus“ (Rh).* La aceștia s-a adăugat descoperirea altor tipuri de sînge, fiecare fiind caracterizat prin unul sau mai mulți factori specifici.

Ușurința cu care se poate preleva un mare număr de probe de sînge, tehnologiile moderne de analiză rapidă etc. au permis determinarea pe

scară întinsă, continentală sau chiar globală, a repartiției și frecvenței tipurilor de sînge și a sistemelor genetice sanguine.

Rezultatele prelucrării statistice a unui vast material au fost neașteptate. În primul rînd, s-a constatat lipsa de concordanță cu datele raseologiei clasice, bazate pe morfologie. În al doilea rînd, aproape fiecare sistem sau tip sanguin are propria sa repartiție geografică și populațională, care nu coincide cu a altor tipuri de sînge.

Prin urmare, datele hemotipologiei nu confirmă existența raselor umane stabilite prin metodele morfologiei.

Heterogenitatea aparent lipsită de ordine a diferitelor tipuri de sînge se poate explica dacă le privim în evoluția lor. Ca orice alt caracter morfologic, fiziologic, biochimic, acești factori au apărut în timp, într-o anumită succesiune. Vechimea diferiților factori se poate aprecia după răspîndirea lor geografică, după prezența lor la diferite populații umane și după prezența unora dintre ele la alte grupe de mamifere.

O asemenea analiză arată că sistemul *ABO* este comun tuturor populațiilor umane, indiferent de rasă. Mai mult, grupele *O, A, B, AB* au fost identificate la cimpanzeu și gorilă, iar aglutinogenele *M* și *N*, similare omului, au fost găsite la cimpanzeu, orangutan și la alte maimuțe; de menționat, că frecvența diferitelor grupe variază în diferite zone geografice. Concluzia care se poate desprinde este că sistemele *ABO* și *MN* sînt dintre cele mai vechi, moștenite de specia umană de la trunchiul comun al primatelor.

Frecvența diferită a grupelor se poate explica prin faptul că aceste grupe sanguine au și o anumită valoare adaptativă, sînt supuse selecției și, deci, polimorfismul genetic al sîngelui nu este un caracter neutru și rezultat doar al relațiilor filogenetice, ci și al acțiunii selecției. Astfel, oamenii cu grupa *A* sînt cei mai sensibili la variolă. Consecința acestui fapt este că în zonele unde au bîntuit în trecut epidemiile de variolă, grupa *A* a devenit mai puțin frecventă decît alte grupe. De asemenea, se pare că ciuma afecta mai frecvent indivizii cu grupa 0. Oamenii cu grupele *A* sau 0 rezistă mai bine la chistul hidatic decît cei cu grupele *B* sau *AB*.

Este posibil ca și alte sisteme sanguine să prezinte anumită valoare adaptativă față de factori pe care deocamdată încă nu-i cunoaștem.

O altă categorie de sisteme sanguine a apărut mai recent în evoluția omului, probabil în perioada de desprindere a lui de primate sau chiar în perioada imediat următoare, cînd sub influența răspîndirii și a selecției (deci încă sub controlul legilor biologice ale evoluției) a apărut tendința de diversificare a speciei, de formare a raselor. Această tendință a fost însă curînd estompată și chiar inversată, datorită mobilității omului, legăturilor tot mai strînse și mai extinse între diferitele populații umane, datorită deci tendinței generale de *omogenizare*. Se pare că din această perioadă datează apariția *factorului Rh,* prezent la toate grupele umane. Tot acum apare, de pildă, *factorul Diego (a) (Dia)*. Răspîndirea lui geografică este foarte neuniformă; el există la indienii americani (cu frecvența variabilă între 0—50%) și la unele grupe umane din Nepal. *Factorii Sutter, Henshaw* se întîlnesc aproape exclusiv la negri, iar *factorul Kell* mai ales la albi.

În sfîrșit, există unii factori cu o răspîndire și mai restrînsă, locală sau chiar familială, ceea ce arată originea lor recentă.

Prelucrarea statistică a rezultatelor globale ale cercetării factorilor sanguini face posibilă, pe de o parte, caracterizarea genetică a diferitelor grupe umane prin frecvența diferitelor gene *(structura genetică)*, iar pe de altă parte face posibil studiul *variabilității genetice* în interiorul fiecărui grup uman. Prelucrarea unui vast material referitor la frecvența a 17 gene responsabile de sinteza diferiților factori sanguini a arătat că 85% din variabilitate se produce în interiorul unor grupuri umane restrînse (triburi, națiuni); 7% din variabilitate este caracteristică unor grupuri umane făcînd parte din aceeași rasă tradițională și tot 7% din variabilitate caracterizează rasele tradiționale (mongolidă, europidă, negridă). Prin urmare, variabilitatea individuală în interiorul unor grupuri restrînse depășește cu mult diferențele așa-numite rasiale.

În fața acestei situații extrem de complexe, cu care se confruntă concluziile antropologiei tradiționale, în esență morfologice, cu acelea ale cercetării genetice a grupurilor umane apare firească concluzia mai multor reuniuni a experților în cadrul U.N.E.S.C.O. în care se arată că *la specia umană este inaplicabil conceptul de rasă biologică de la alte specii animale.*

Unii antropologi sînt și mai categorici: arătînd că procesul de formare al raselor la *Homo sapiens* s-a desfășurat în prima perioadă a existenței acestei specii, după părerea lor el s-a oprit treptat prin procesele de omogenizare ale speciei datorită progresului social și cultural. Ca atare, structura actuală a speciei umane este doar populațională și nu rasială. În prezent, deci, după această părere nu ar exista rase în specia umană (J. Ruffié, 1976).

Deși pozițiile și concluziile celor două tendințe în antropologie sînt diferite și controversate, ambele arată că toate grupele umane, fie că este vorba de rase în sens tradițional, de populații sau de națiuni, au un fond genetic comun care le conferă aceleași capacități generale de dezvoltare intelectuală și de progres social. Dovada evidentă o reprezintă poeții, artiștii, oamenii de știință, tehnicienii, în general oamenii talentați și dotați care fac cinste popoarelor lor și omenirii și care aparțin celor mai diferite rase. Realizarea acestor capacități depinde evident de condițiile istorice și sociale specifice fiecărui popor, fiecărei populații.

Apare evident că rasismul, care afirmă inegalitatea biologică a capacităților de dezvoltare a oamenilor din diferite rase, reprezintă doar o răstălmăcire tendențioasă a datelor științifice făcută în interese politice, pentru a găsi o justificare a exploatării și subjugării unor oameni de către alții.

*

Care sînt tendințele evolutive actuale ale raselor sau ale altor mari grupuri umane? La speciile zoologice la care există rase, ca rezultat al răspîndirii și adaptării la condițiile concrete ale mediului, în mod obișnuit se manifestă tendința de conservare a raselor, sau, chiar mai mult, o tendință de accentuare a diferențierii, ca urmare a izolării relative și a acțiunii continue a selecției. Această diferențiere, atunci cînd necesită-

țile adaptării o impun, poate merge pînă la transformarea unor populații sau rase în noi specii. La specia umană, datorită rolului preponderent al factorilor sociali, tendințele sînt cu totul diferite.

În prezent, legăturile dintre popoare, indiferent de apartenența lor rasială sau grupală, devin tot mai strînse și mai intense. Schimburile economice, culturale și de diferite alte naturi au devenit fenomene de masă, înlesnite de mijloace de comunicație și de circulație tot mai rapide și mai diversificate. În fiecare an sute de milioane de oameni trec granițele țărilor și ale continentelor. Cunoașterea și colaborarea reciprocă a oamenilor și popoarelor devine tot mai strînsă. Ea depășește prejudecățile rasiale. Se produce un amestec tot mai intens al celor mai diferite grupuri, care marchează o tendință de unificare, de omogenizare a lor, subliniind și mai hotărît *caracterul unitar al umanității.*

CAPITOLUL 9.

CARACTERISTICI GENERALE ALE EVOLUȚIEI

9.1. PROGRESUL BIOLOGIC

Faptele din cele mai diferite domenii ale biologiei — paleontologia, anatomia comparată, embriologia, sistematica etc. (vezi *Capit. 2*) arată în mod incontestabil că sensul general al evoluției vieții desfășurată în decursul timpului este de la forme primitive, simple, spre forme superioare, din ce în ce mai complex organizate, culminînd cu apariția omului.

Noțiunea de „progres biologic" reflectă tocmai acest proces care constituie una din caracteristicile esențiale ale evoluției biologice. Dacă aceasta este constatarea unei realități simple, aproape evidente, precizarea *criteriilor* de apreciere și comparare a progresului pentru diferite grupe sistematice, lămurirea cauzelor acestui proces, ca și a căilor prin care se realizează apar mult mai complexe.

Ch. Darwin a sesizat primul întreaga complexitate a problemei. El a arătat dificultatea definirii gradului de superioritate a organizării viețuitoarelor, ca și noțiunea de „progres al organizației". Totuși el socotește drept criteriu principal al progresului în organizația viețuitoarelor gradul de *diferențiere* și de *specializare* a diferitelor organe. Un asemenea progres le conferă mai multe șanse de succes în lupta pentru viață.

Dar aplicarea acestui criteriu a întîmpinat dificultăți. Într-adevăr, după concepția darwiniană, succesul în lupta pentru existență și, deci, o mai bună adaptare a unor specii față de altele, este un rezultat esențial al acțiunii selecției naturale. Deci se contura concluzia că selecția naturală duce în mod inevitabil la progresul organizației viețuitoarelor, la grade tot mai înalte de diferențiere și de specializare a organelor. Or, însuși Darwin era împotriva unei asemenea concluzii, subliniind chiar că selecția naturală nu implică neapărat acest proces. El arată că în anumite condiții ea menține timp nedefinit nivelul de organizație dacă acest lucru este avantajos grupului. În acest fel se explică coexistența grupelor cu nivele foarte diferite ale organizației. Protozoarele, de pildă, coexistînd cu multe animale superioare, nu ar obține nici un avantaj dacă nivelul organizației lor s-ar schimba. Ele sînt tot atît de bine adaptate la condițiile specifice de viață ca și grupele superioare la condițiile specifice lor. Prin urmare, nici complexitatea organizației indivizilor, nici gradul de adaptare nu pot constitui criterii ale progresului.

Acest impas a fost depășit prin lucrările lui A. N. Severțov (1914, 1939), care a arătat că trebuie deosebite două noțiuni bine distincte — aceea de progres biologic și progres morfo-fiziologic.

Progresul biologic. Constă în apariţia oricăror trăsături care duc la prosperitatea speciei. A. N. S e v e r ţ o v a scos în evidenţă trei caracteristici esenţiale ale progresului biologic al unui grup: *a)* sporirea numărului indivizilor din grupul dat; *b)* creşterea arealului, deci cucerirea de noi teritorii, răspîndirea tot mai largă; *c)* diferenţierea în cadrul grupului a unor noi forme, deci intensificarea procesului de divergenţă în cadrul grupului. Apare clar că progresul biologic, deci realizarea celor trei trăsături, nu depinde numai de complexitatea organizării indivizilor ci de ansamblul relaţiilor speciei date cu mediul înconjurător abiotic sau biologic şi el se desfăşoară sub controlul selecţiei naturale.

Progresul morfo-fiziologic. Tot A. N. S e v e r ţ o v a a arătat că progresul biologic — deci prosperitatea unui grup — se poate realiza pe diferite căi morfo-fiziologice, care pot avea consecinţe diferite asupra evoluţiei speciilor. Fără a putea intra în analiza tuturor căilor morfofiziologice descrise de S e v e r ţ o v, şi apoi de alţi autori, menţionăm că principala modalitate o reprezintă *aromorfozele* (după alţi autori — *anageze, arogeneze*).

Prin aromorfoze se înţeleg modificări morfo-fiziologice care ridică la un nou nivel organizaţia fiinţelor, energia activităţii lor, ducînd la apariţia unor adaptări de largă perspectivă, care permit lărgirea mediului de viaţă, a spectrului ecologic al grupului, a resurselor de viaţă utilizabile.

Apariţia aromorfozelor constituie punctele nodale ale procesului evoluţiei, dînd naştere la taxoni superiori — cum sînt încrengături, clase sau chiar trăsături de ordin şi mai general.

Vom ilustra cele spuse prin cîteva exemple. În cursul evoluţiei vertebratelor, unul din arcurile viscerale anterioare (prebranhiale) ale strămoşilor peştilor se transformă în arcul mandibular de tip *prehensil* (maxilarul inferior şi superior), iar solzii placoizi dau naştere, în cavitatea bucală, dinţilor. Aceste transformări au avut o mare importanţă în evoluţia vertebratelor: s-a produs trecerea de la alimentarea pasivă (ca, de pildă, la *Branchiostoma*) la apucarea activă a hranei, deci la posibilitatea alegerii unei hrane mai potrivite, mai consistente, mai abundente. Aceste noi caractere (maxilare şi dinţi) care marchează apariţia *gnatostomatelor* s-au dovedit a fi utile în cele mai diferite medii de viaţă, încît s-au menţinut şi s-au dezvoltat în cursul evoluţiei ulterioare a vertebratelor.

Un alt exemplu de aromorfoză îl reprezintă despărţirea completă a inimii în inima stîngă şi dreaptă, proces care se realizează treptat în cursul evoluţiei vertebratelor şi ajunge la forma sa optimă în grupul mamiferelor. Această structură permite realizarea unei mai intense oxigenări a sîngelui şi, deci, a tuturor ţesuturilor; în mod necesar este corelată cu intensificarea activităţii pulmonilor, dar şi a altor organe şi aparate. Oxigenarea mai bună a permis o mai completă utilizare a resurselor nutritive, ridicînd nivelul energetic al întregii activităţi a organismelor, permiţînd dezvoltarea mecanismelor mai perfecţionate de termoreglare, apariţia homeotermiei şi, în consecinţă, modificarea profundă şi completă a tuturor relaţiilor cu mediul abiotic şi biologic.

Printre numeroase alte aromorfoze care ar putea ilustra această cale importantă de realizare a progresului biologic vom cita numai una de o importanţă şi semnificaţie evolutivă şi mai largă. Este vorba de apariţia

procesului sexual și a fecundării încrucișate a gameților. Semnificația acestui proces este dublă. Pe de o parte, prin îmbinarea însușirilor ereditare provenite de la două organisme parentale, prin sporirea gradului de heterozigoție a descendenților se realizează vigoarea sporită a acestora, plasticitatea și capacitatea mai mare de adaptare. Acest rol important a fost scos în evidență de Darwin. Pe de altă parte, procesul gametogenezei și al fecundației asigură apariția recombinărilor genetice — cea mai importantă sursă a variabilității și, totodată, face ca majoritatea mutațiilor, care după cum se știe sînt dăunătoare, să rămînă în stare recesivă, deci să nu se manifeste în fenotip. Pe această cale, pe de o parte este anulat efectul dăunător al lor, iar pe de alta crește rezerva mutațională a indivizilor și a populațiilor, sporind capacitățile evolutive ale acestora din urmă. Este o aromorfoză atît de importantă încît s-a generalizat la majoritatea speciilor de plante și animale, fiind utilă în cele mai diferite condiții.

Deci aromorfozele determină ridicarea organizației morfo-fiziologice și energetice pe un nou plan, diferit de cel precedent. Ele deschid noi perspective evolutive. Acestea se realizează prin variate modalități (căi) morfo-fiziologice în cadrul noului plan, determinînd de obicei o puternică radiație adaptativă a grupelor afectate de aromorfoze.

Radiația adaptativă, spre deosebire de aromorfoză, nu duce la apariția unor adaptări de ordin general, ci la dezvoltarea adaptărilor la condiții restrînse și bine precizate, la specializări chiar, mai mult sau mai puțin restrînse. De pildă, după cum s-a spus mai înainte, apariția maxilarelor și a dinților a constituit o aromorfoză, un salt în organizație. Evoluția progresivă continuă apoi pe calea specializărilor maxilarelor și a dentiției, realizată în cele mai diferite grupe de vertebrate.

Trebuie menționat că progresul biologic, în sensul definit mai înainte, se poate realiza și pe calea *regresului morfo-fiziologic*, constînd în simplificări a structurilor, de reducere a unor funcții. Aceste procese sînt legate de schimbări profunde ale modului și condițiilor de viață fie prin trecerea de la viață liberă, mobilă, la cea sedentară, la fixare de substrat, fie prin trecere la viața parazitară. Trecerea la viața sedentară de multe ori apare în urma posibilității unor organisme de a-și dezvolta un puternic schelet sau alte formațiuni de protecție, care îngreuiază mișcarea liberă (coralieri, cirripede, multe moluște, unii viermi etc.). Asemenea forme trec la o nutriție mai mult pasivă: se dezvoltă organe de nutriție pasivă, se reduc cele de locomoție, organele de simț etc.

Schimbări și mai profunde, putînd duce la degenerarea sau chiar la dispariția a numeroase organe și sisteme de organe, se produc în cazul trecerii la parazitism. Toate aceste modificări reprezintă, de fapt, schimbări progresive, deși din punct de vedere morfologic ele sînt regresive. Ele asigură supraviețuirea și răspîndirea mai bună a speciilor respective, deci reprezintă o cale a progresului biologic.

J. Huxley (1956) aduce elemente noi în înțelegerea progresului biologic. Progresul biologic implică exploatarea posibilităților vieții într-un mod nou și mai perfect, prin organizarea vieții în noi forțe, prin sporirea diversității și a eficacității formelor vieții.

În acest sens, J. Huxley distinge două categorii de progres biologic — progres *limitat* și progres *nelimitat*. Pe toate liniile evoluției, cu

excepția celei ce a dus la apariția omului, progresul este limitat de însăși trăsăturile organizației. De pildă, insectele sînt limitate în evoluția lor prin exoscheletul rigid care nu le permite sporirea taliei și prin sistemul respirator trahean, care nici el nu este compatibil cu o talie mare, fiind însă foarte eficient la dimensiunile lor mici (vezi și *Capit. 5.2)*. Insectele își continuă evoluția, ele au dat și dau foarte numeroase forme, dar nu pot depăși acest plan de organizare.

Vertebratele au avut deschise căi mai largi ale progresului biologic, datorită supleței organizației lor interne. Dar și în acest mare grup majoritatea liniilor evolutive au mers pe calea diferitelor specializări ale membrelor, specializări legate de locomoție, de hrană, ceea ce a limitat progresul în evoluția lor.

Progresul nelimitat, care în cele din urmă a dus la om, s-a realizat pe linia nespecializării membrelor pentadigitale care s-au păstrat la unele amfibii, apoi la unele reptile și în anumite grupuri de mamifere, lăsînd astfel mereu deschise posibilități tot mai largi ale progresului, care a culminat prin apariția omului.

În felul acesta linia omului apare ca singura linie a *progresului nelimitat,* iar specia umană ca ultimul criteriu de apreciere a progresului realizat de materia vie. Este un punct de vedere antropocentric, și care trebuie privit cu unele rezerve. Astfel, reluînd exemplul insectelor care ilustrează poate cel mai bine modul în care rigiditatea organizației morfofiziologice a indivizilor limitează căile evoluției grupului, trebuie ținut seama de faptul că în evoluția insectelor această barieră a putut fi depășită prin apariția unor forme superioare de organizare supraindividuală, de organizare grupală.

Într-adevăr, la insectele coloniale organizarea supraindividuală a depășit mult limitele capacităților individuale, realizîndu-se o complexă „diviziune socială" a funcțiilor, a activităților, forme complexe de termoreglare, de coordonare și control a variatelor activități ale componentelor grupului legate de nutriție, reproducere, apărare etc. Trebuie, de asemenea, ținut seama că în aceste „societăți" s-au dezvoltat chiar forme complexe de comunicare între indivizii componenți, descifrate pînă în prezent numai la albine, la care ele constituie un adevărat „limbaj" al gesturilor. În sfîrșit menționăm și faptul că această organizare a dus la dezvoltarea unor relații aparte cu alte specii, concretizate în apariția unui fel de „agricultură", a „sclavajului" etc.

Este drept că toate aceste forme de organizare, de activitate, sînt atît de deosebite de cele omenești, atît de depărtate de logica noastră și de felul nostru de a gîndi, sînt atît de non-umane, încît practic nu pot fi comparate cu progresul realizat pe linia evoluției omului și nu le putem aplica aceleași criterii de valoare. Un lucru însă este sigur: organizația morfo-fiziologică nu poate fi considerată ca factorul limitant decisiv al progresului evolutiv. Dealtfel, și evoluția omului nu constă în transformări ale organizației sale morfo-fiziologice ci în evoluția *relațiilor* dintre oameni, deci a formelor de organizare a sistemelor sociale.

Analizînd problema progresului biologic, K. M. Zavadski (1958) socotește că acest proces se caracterizează prin trei trăsături generale, mai ales pe linia principală, a progresului nelimitat.

Creșterea integralității indivizilor biologici. Ca un corolar al diferențierii, această creștere se realizează atît pe plan morfologic, cît și pe cel fiziologic. Este suficient să amintim integrarea pe trepte inferioare, prin legături chimico-metabolice de inducție dintre componenți, apoi pe trepte mai evoluate integrarea endocrină, nervoasă și neuroumorală care culminează prin dezvoltarea de aparate centrale de control și coordonare (ganglioni, creier). Pe aceste căi sporește precizia și rapiditatea coordonării, devine posibilă o relativă autonomizare a diferitelor procese, sporește supleţea și rezistența la condițiile tot mai complexe ale mediului și devine mai eficientă îndeplinirea funcției principale a indivizilor în viața speciei, și anume, reproducerea.

Creșterea mediei de supraviețuire a organismelor. Într-adevăr, după cum arată autorul citat, în timp ce la multe organisme monocelulare în medie 1 individ la un milion ajunge la reproducere, la grupele evoluate (păsări, mamifere), media de supraviețuire ajunge la 30% (vezi *Capit. 5).*

Creșterea gradului de adaptabilitate a organizării individului și a speciei. Această trăsătură, incluzînd pe cele două precedente, se referă și la sporirea integralității sistemului populației, a speciei, care se desfășoară după legi proprii, diferite de cele de la nivelul sistemelor individuale.

Integralitatea speciilor evoluează corelat cu diferențierea intraspecifică; aceasta, corelată cu activitatea nervoasă superioară duce, pe linia vertebratelor, la forme de viață colectivă tot mai evoluată.

În concluzie, deși nu putem afirma că problema progresului biologic, a căilor și modalităților lui de realizare (morfologice, fiziologice, organizatorice), a criteriilor de apreciere a acestui proces, a fost complet rezolvată, totuși jaloane importante există pentru dezvoltarea cercetării pe această direcție.

9.2. CARACTERUL NESPECIALIZAT AL GRUPELOR DE ORIGINE

Această caracteristică a evoluției a fost formulată de paleontologul Eduard Cope (1896) și denumită *lege a nespecializării.* Ea arată că liniile evolutive noi iau naștere din taxoni care nu au caracterul de specializare, ci se caracterizează prin trăsături cu valoare generală, chiar universală și, deci, de o anumită primitivitate.

Astfel, după cum s-a arătat în capitolul privitor la dovezile evoluției, strămoșii primitivi, nespecializați, comuni ai cailor și rinocerilor, au generat mai multe linii filetice. Specializarea cailor, constînd în reducerea numărului degetelor, specializarea dentiției etc. a redus posibilitățile lor evolutive ulterioare.

Aromorfozele (vezi paragraful privind progresul biologic) prezintă tocmai caracteristicile nespecializării: ele au valoare biologică foarte generală, nu sînt specializate, sînt multifuncționale și deschid perspective noi de radiație adaptativă. În acest proces liniile care evoluează în sensul specializării structurilor și funcțiilor își restrîng tot mai mult posibilitățile evolutive. Dacă urmărim linia progresului „nelimitat" care a dus

la apariția omului (vezi același paragraf citat anterior), constatăm că ea se caracterizează tocmai prin menținerea caracterului nespecializat al grupelor decisive în această direcție a evoluției.

9.3. RADIAȚIA ADAPTATIVĂ (DIVERGENȚA); CONVERGENȚA ȘI PARALELISMUL

Radiația adaptativă *(divergența).* Este o trăsătură caracteristică a procesului evolutiv în ansamblul său. Diversificarea formelor în procesul evoluției este o necesitate care rezultă din însăși modul de acțiune al selecției. Într-adevăr, selecția naturală tinde permanent să elaboreze adaptări cît mai bune la anumite condiții concrete ale mediului în care trăiește forma dată. În acest proces, formele intermediare, care nu corespund în modul cel mai satisfăcător noilor condiții, vor fi treptat eliminate, creîndu-se hiatusuri care despart formele vecine, adaptate la condiții diferite. Avantajul selectiv, evolutiv al acestui proces este evident: el duce la utilizarea mai completă a variatelor resurse ale mediului și, totodată, determină slăbirea concurenței între grupe, creșterea supraviețuirii, deci determină prosperitatea evolutivă a grupelor.

Practic, analiza oricărui grup, mai mare sau mai mic, poate ilustra procesul divergenței. Clasa reptilelor, de pildă, reprezintă unul din cele mai spectaculoase exemple de acest fel. Astăzi reprezentată modest, în mezozoic clasa reptilelor era dominantă, stăpînind, practic, toate mediile. Existau forme pur acvatice *(Ichthyosaurieni* și *Sauropterygieni),* forme patrupede tipice terestre *(Chelonieni, Ankylosaurieni, Sauropode),* forme bipede, carnivore *(Theropode)* sau ierbivore *(Ornithopode),* forme cățărătoare (*Ophidieni, Lacertilieni* etc.), precum și forme zburătoare *(Pterosaurieni).*

Mamiferele actuale sînt reprezentate prin 17 ordine, demonstrînd o puternică divergență morfo-fiziologică și ecologică. Printre ele găsim forme tipice terestre, de suprafață (alergătoare, umblătoare, adaptate la spații largi sau la zone de munte), săritoare, subterane, arboricole, zburătoare, acvatice.

Divergența grupelor mari reprezintă, am putea spune, una din extremele procesului. Cealaltă extremă o găsim chiar în cadrul unei specii sau chiar a unei populații.

Diferențierea populațiilor în cadrul unor specii, diferențierea raselor geografice (subspeciilor) sau a raselor ecologice, reprezintă momentele incipiente ale divergenței, prin care, pornind de la o formă inițială (o specie, de pildă), pot lua naștere una sau mai multe specii noi.

Convergența. Spre deosebire de divergență, convergența constă în faptul că forme sau grupe ***neînrudite îndeaproape*** între ele (deci de origini filogenetice diferite), adaptîndu-se la condiții de mediu asemănătoare, devin asemănătoare prin anumite trăsături morfologice și ecologice.

Numeroase fapte pot ilustra fenomenul convergenței. De pildă, în grupul vertebratelor aripile și, deci, capacitatea de zbor au apărut la diferite clase (reptile, păsări, mamifere). Dintre reptile *Pterodactylus*

(jurasic-cretacic) era zburător, avînd aripa membranoasă susţinută de membrul anterior cu cinci degete dintre care al cincilea foarte lung, reprezentînd suportul principal al membranei. La păsări aripa, de asemenea, este susţinută de membrul anterior, la care au rămas doar degetele II, III și IV. Dezvoltarea penelor (remige primare și secundare) au determinat o înaltă perfecţiune a zborului.

La mamifere s-a dezvoltat zborul planat la ordinul *Dermoptera* (de exemplu, *Galeopithecus* din Asia de Sud-Est) care, însă, nu au aripi şi la ordinul *Chiroptera* (lilieci), specii la care membrul anterior are cinci degete. Membrana alară este susţinută de degetele III, IV și V. Prin urmare, la clase diferite s-au dezvoltat organe care nu au structură identică, dar care îndeplinesc funcţia comună, adică zborul.

Asemănarea formei hidrodinamice a corpului la pești, ichtiozauri (reptile), delfini (mamifere) este un exemplu clasic de convergenţă.

Forma capului la broască (amfibian), crocodil (reptilă) și hipopotam (mamifer) este de așa natură încît animalul fiind scufundat în apă, ochii și nările pot rămîne afară.

Ochiul de la sepie (cefalopod) și de la peşti au o structură foarte asemănătoare — rezultat al adaptării la văz în mediul acvatic.

Un interesant exemplu de convergenţă este asemănarea între un flagelat *Medusochloris phiale* şi meduze. Corpul flagelatului are forma de clopot, asemănătoare cu aceea a meduzelor, iar înotul se produce ca la meduză prin contractarea ritmică a corpului (Z. I. B e r m a n și colab., 1967).

Explicaţia genetică completă a convergenţelor este dificilă. De subliniat că asemănarea este doar superficială, patrimoniul genetic al grupelor convergente fiind foarte diferit. În unele cazuri convergenţa ridică probleme dificile pentru sistematicieni, cînd este vorba de grupe cu rang sistematic mai mic. În multe grupe de animale (coleoptere, crustacei, lepidoptere etc.) adesea este dificil de stabilit dacă asemănarea dintre unele specii se datorește doar convergenţei sau este rezultatul înrudirii lor mai apropiate, deci este o omologie.

Paralelismul. Constă în faptul că adesea la grupe *apropiate filogenetic* (deci cu înrudire apropiată) se dezvoltă *paralel* caractere asemănătoare. Din punct de vedere genetic, acest fenomen s-ar putea explica prin apariţia unor mutaţii paralele (asemănătoare) ale genelor din genotipul unor grupe apropiate.

N. I. V a v i l o v (vezi *Capit. 5.3.*) a formulat *legea șirurilor omoloage,* care se referă tocmai la fenomene de apariţie a mutaţiilor paralele, la grupe de organisme relativ înrudite. De pildă, la diferite specii de grîu, apar în mod independent mutaţii asemănătoare (paralele) care afectează în acelaşi fel diferite caractere: aristele, numărul de boabe, culoarea, forma, mărimea, componentele chimice etc. Printre himenoptere, multe specii de viespi din genuri diferite au trăsături de colorit paralele; la diferite specii din diferite genuri ale dipterelor din fam. *Sirphydae* apar desene asemănătoare; în grupul coleopterelor, la specii și genuri din diferite familii (de exemplu, *Chrysomelidae, Carabidae*), un număr de articule ale tarsului anterior de la masculi sînt lăţite reprezentînd o adaptare pentru o mai bună fixare de femelă în timpul copulării.

La mamiferele fosile din fam. *Proterotheriidae* s-a produs o evoluție în sensul reducerii degetelor, paralelă cu cea de la *Equidae* și independentă de aceasta.

Adesea se consideră de către unii biologi că grupele care evoluează pe linii paralele au o origine comună. Prin urmare, la început are loc procesul de divergență, urmat apoi de evoluție paralelă. Din contră, alți biologi consideră că, deși înrudite, liniile paralele pot proveni din strămoși diferiți. Acest aspect ridică problema originii mono- sau polifiletice a diferitelor grupe.

9.4. MONOFILIA ŞI POLIFILIA

Procesul radiației adaptative (a divergenței), după cum s-a arătat mai înainte, constă în apariția mai multor linii (ramuri) evolutive divergente, pornind de la o formă strămoșească, deci implică ideea originii monofiletice a liniilor respective.

Unii biologi se situează pe o poziție extremă și leagă indisolubil însăși concepția evoluționistă de ideea monofiletismului. Această poziție are importante repercusiuni în cercetările concrete de sistematică biologică. Pentru acești biologi momentul esențial în cercetarea evoluției unui grup este stabilirea momentului geologic cînd s-a produs desprinderea liniei (ramurii) lui de la o linie „soră“, deci a momentului de ramificare filogenetică. De aceea, acești biologi au și fost denumiți „cladiști“ (de la *cladus*=ramură), iar concepția lor *cladism*. Vechimea ramificației devine pentru cladiști și criteriul esențial pentru stabilirea rangului taxonului dat: cu cît timpul scurs de la ramificare este mai mare, cu atît taxonul este mai mare și, deci, taxonul s-a putut diferenția mai mult, a putut da la rîndul său mai multe alte ramificații și, deci, de rang mai înalt (ordin, clasă etc.

Acești biologi (de exemplu, W. Hennig), după cum se poate vedea, nu acordă nici o importanță fenomenului divergenței adaptative care poate urma momentului de ramificare. Ei nu țin seama de faptul că, datorită condițiilor mediului, unele ramuri filetice pot evolua mai repede și se pot îndepărta mai mult de forma de origine decît alte ramuri, astfel încît pot constitui taxoni de ranguri diferite.

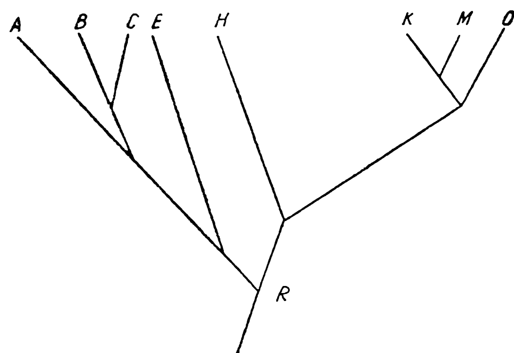


Fig. 89. Schemă ilustrînd relația dintre punctul de ramificare (*R*) a liniilor filogenetice și divergența care intervine ulterior (Explicația în text) (după A. Liubișcev).

Aplicarea în cercetarea sistematică a cladismului (monofiletism extremist) ridică numeroase dificultăți și chiar duce la impas. Una din asemenea dificultăți este prezentată în schema din figura 89, în care sînt reprezentate două ramuri filetice principale cu punctul de ramificare *R*. Ramura

stîngă, prin ramificații succesive ulterioare, a dat taxonii *A, B, C, E,* iar ramura dreaptă a dat taxonii *H, K, M, O.* Constatăm însă că taxonul *H*, prin toate trăsăturile lui, este mai apropiat de taxonii ramurii stîngi *(A, B, C, E)*, împreună cu care formează un taxon de rang superior diferit de taxonul superior în care intră *K, M, O.* Din punct de vedere cladist, taxonul *H*, deși foarte diferit de taxonii *K, M, O*, trebuie să fie unit cu aceștia din urmă deoarece face parte din ramura dreaptă. Concret, o situație de acest gen s-a produs în legătură cu poziția sistematică a ordinului crocodilienilor. Aceștia provin din grupul primitiv de reptile *Pseudosuchia* (din triasicul superior), care s-a desprins de timpuriu de celelalte reptile și care este apropiat de strămoșii păsărilor. Deci, crocodilienii ar fi în situația taxonului *H* din schemă. De aceea, din punct de vedere cladist, crocodilienii ar fi trebuit incluși în clasa păsărilor, deși prin toate caracterelor lor ei aparțin clasei reptilelor (A. A. Liubiscev, 1968).

Impasul la care duce cladismul provine de la ideea că rangul unui taxon depinde doar de perioada geologică în care linia lui s-a desprins de la linia-soră și nu depinde de modul cum a evoluat, de ritmul său de evoluție, de gradul de divergență. Astfel, ramificațiile produse în precambrian au dat naștere încrengăturilor, cele din cambrian-devonian claselor, cele din mississipian și permian ordinelor, cele din triasic și cretacic familiilor, cele între cretacic și oligocen triburilor și cele din miocen genurilor. Prin urmare, în prezent nu mai pot apare decît taxoni mici și, deci, întregul proces al evoluției tinde către stagnare.

Unii biologi, mai moderați, susținînd *monofilia,* țin seama și de evoluția divergentă care se produce după punctul de ramificare. Dar, ca și cladiștii, resping posibilitatea originii polifiletice a oricăror taxoni. Totuși, o serie de fapte pledează în favoarea ideii că polifilia este posibilă.

În paragraful referitor la dovezile experimentale ale evoluției au fost prezentate o serie de specii hibride-naturale sau obținute artificial. Hibridizarea între specii congenerice sau chiar din genuri diferite este o cale importantă de speciație, mai ales în regnul vegetal. Este evident că orice formă hibridă are origine polifiletică. A nega polifilia înseamnă, între altele, a nega această cale a evoluției, care este o realitate obiectivă.

Lichenii (vezi *Capit. 7.3*) reprezintă un alt taxon polifiletic, provenit din mutualismul dintre alge și ciuperci.

A. A. Liubișcev (1968), analizînd un bogat material faptic referitor mai ales la vertebrate, susține originea polifiletică a tuturor grupelor de vertebrate.

Deși discuția privitoare la caracterul monofiletic sau polifiletic al evoluției nu este încheiată în prezent, ni se pare că se impune concluzia că procesul se poate desfășura în ambele modalități. În unele cazuri, are loc evoluția monofiletică în sens clasic, darwinian — toate speciile unui gen provin dintr-o specie a unui gen precedent. Dar, în alte cazuri, se poate produce și evoluția polifiletică. De pildă, paleontologii au stabilit că speciile fosile din genul *Meryhippus (Equidae)* provin din mai multe specii ale genului mai vechi — *Parahippus.*

Modul real de desfăşurare a evoluţiei unui taxon depinde, deci, nu numai şi nu atît de punctul de desprindere a liniei lui de aceea a unui alt taxon ci, mai ales, de modul cum evoluează diferite linii filetice, cum acţionează asupra lor forţele motrice ale evoluţiei în ansamblul lor.

9.5. IREVERSIBILITATEA EVOLUŢIEI

Denumirea şi enunţul acestei legităţi aparţin paleontologului belgian L. Dollo (1893), care susţinea că un organism nu se poate întoarce nici măcar parţial la starea odată parcursă în şirul strămoşilor lui. Conţinutul biologic al fenomenului ireversibilităţii a fost bine relevat de Darwin care arăta că o specie, un grup, odată dispărute nu mai pot reveni, nu mai pot reapare.

Cauzele ireversibilităţii evoluţiei stau în faptul că fiecare specie, fiecare etapă în evoluţia filogenetică a unei ramuri filetice, reprezintă un unicat din punct de vedere genetic, morfo-fiziologic, ecologic, biogeografic. Într-adevăr, dacă ne gîndim la complexitatea structurii genetice a fiecărui individ, a populaţiei şi speciei, la faptul că acest sistem genetic este rezultatul acţiunii îndelungate a selecţiei, dacă ne gîndim la complexitatea determinismului genetic al caracterelor fenotipice (vezi *Capit. 3.*), la complexitatea şi mai mare a determinismului ecologic al caracterelor fiecărei populaţii, ne dăm seama că „reeditarea" pe cale naturală a unei specii o dată dispărută nu este posibilă, pentru că nu se poate repeta complexitatea factorilor care au generat-o, acţionînd într-o anumită corelare şi succesiune.

Adesea un grup îşi poate schimba mediul de viaţă, se poate adapta la un mediu nou, iar apoi poate reveni la mediul iniţial. În acest caz, nu se produce o revenire exactă la vechea formă, deoarece istoria, odată desfăşurată, este indestructibilă: în mediul iniţial, prin acţiunea selecţiei, s-a constituit un anumit sistem genetic şi ecologic al grupului. Pornind de la această moştenire s-au putut elabora anumite direcţii de adaptare, deci un anumit sistem genetic şi ecologic, odată cu schimbarea mediului. Revenire la mediul iniţial se va face deci pornind de la o altă bază genetică şi ecologică şi, în mod necesar, va duce la alte trăsături adaptative decît cele iniţiale.

Numeroase fapte pot ilustra aceste consideraţii generale. Astfel, filogenetic, vertebratele terestre provin din grupul peştilor. Unele mamifere în mod secundar s-au readaptat la viaţa acvatică (de exemplu, cetaceele), dar nu au redevenit peşti ci au rămas mamifere.

Acelaşi lucru îl constatăm şi în grupuri mai restrînse. Din triasic se cunosc broaşte ţestoase terestre cu carapacea întreagă şi masivă. Descendenţii acestui grup în jurasic şi cretacic au trecut la viaţa acvatică. Aceasta a determinat subţierea carapacei şi apariţia unor fontanele (orificii) largi, ambele caractere ducînd la uşurarea scheletului. Dar în oligocen şi miocen grupul se reîntoarce la viaţa terestră. Carapacea devine din nou întreagă, ca adaptare faţă de duşmani, dar nu prin revenirea la vechile structuri pierdute ci prin apariţia unui nou înveliş, secundar, neomolog cu cel vechi. Faptul este explicabil deoarece noul înveliş s-a dezvoltat pe o altă bază genetică decît cel iniţial.

La plante se cunosc multe specii care, trecînd la polenizare prin vînt, își pierd petalele (acestea devin inutile, fiind adaptări la polenizarea cu ajutorul insectelor). În unele cazuri, unele din aceste specii devenite anemofile, evoluează din nou către polenizare prin insecte sau păsări. În acest caz nu se refac vechile petale ci adesea frunzele se modifică îndeplinind funcția de atragere a insectelor.

9.6. CARACTERUL AUTOREGLABIL AL EVOLUȚIEI

Orice sistem cu autocontrol implică pe de o parte prezența cel puțin a două părți componente — una care este controlată, reglată și alta care efectuează controlul —, iar pe de altă parte a canalelor de comunicare dintre părțile implicate — conexiunea directă și conexiunea inversă.

Care sînt părțile implicate în procesul evoluției? Populația, constituind obiectul evoluției, fiind (ca și indivizii componenți) adaptată la condițiile mediului, reprezintă partea supusă reglării. Mediul populației este ecosistemul, care reprezintă deci partea care efectuează controlul. Acțiunea mediului asupra populației (conexiunea directă) se exercită prin indivizii care o compun, iar răspunsul populației este comunicat ecosistemului (conexiune inversă) prin desfășurarea specifică a activității populației în cadrul ecosistemului din care face parte. Evoluția, înțeleasă ca transformare a populațiilor, apare drept rezultat al corelațiilor dintre sisteme de niveluri diferite.

Conexiunea directă. Pe linia conexiunii directe, ecosistemul este cel care „apreciază" valoarea organismelor dintr-o populație și, deci, efectuează controlul „calității" lor. Aceasta se face prin eliminarea selectivă a unor organisme și, ca urmare, este supraviețuirea și înmulțirea preferențială a altora. Pe acest canal, sistemul populațional este informat asupra stării, calității și trăsăturilor esențiale ale mediului (ecosistemului) (fig. 90).

Legătura dintre calitățile individuale și ale populației în procesul evoluției se realizează prin mai multe mijloace care reprezintă, totodată, căile de transformare a informației cuprinsă în structura organismelor izolate, în calitățile populației. Cele mai importante din aceste mijloace sînt *înmulțirea* organismelor pe calea sexuată sau asexuată, *recombinarea genetică* și *dezvoltarea individuală*.

În urma acțiunii selecției (deci a condițiilor ecosistemului care orientează tot procesul selecției), se vor înmulți preferențial fenotipii (și deci genotipii corespunzători) cei mai potriviți pentru condițiile concrete în care există populația. În acest mod în populație se produc acumularea, concentrarea unor anumite gene și a unor genotipi și, totodată, „diluarea" altora sau chiar eliminarea.

Acest proces are loc în cazul reproducerii asexuate, prin stabilirea unor anumite proporții între clonele care compun populația.

Procesul sexual însă nu are doar efectul de multiplicare a genotipilor selecției. Un alt efect nu mai puțin important este recombinarea genetică — proces care, după cum s-a mai arătat, oferă un material practic inepuizabil pentru acțiunea selecției. Recombinarea genetică reprezintă un veritabil mecanism de prelucrare și transformare a informației gene-

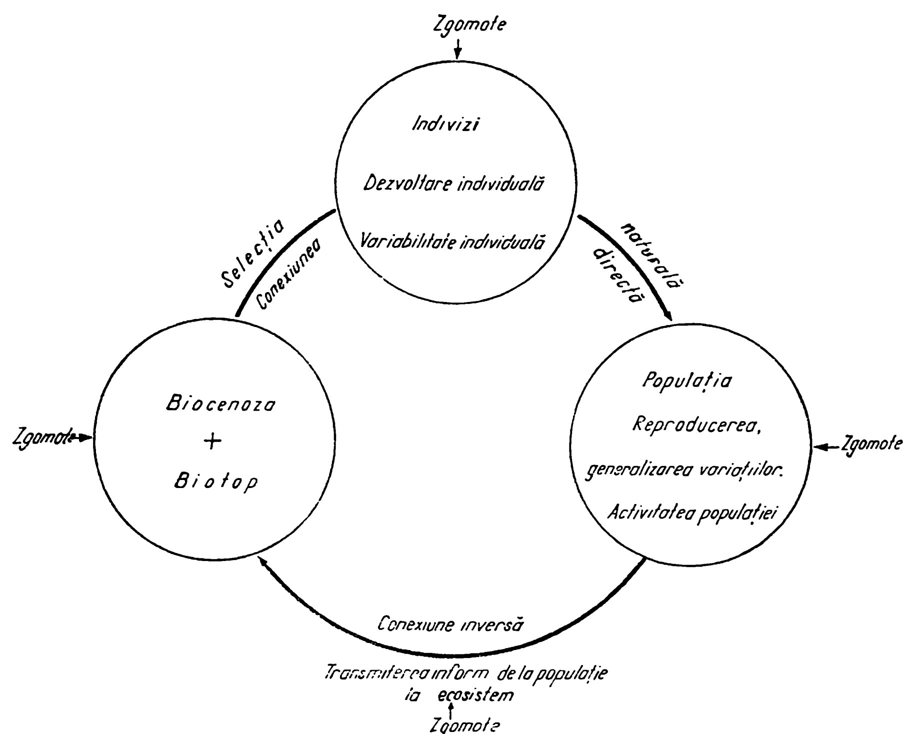


Fig. 90. Schema mecanismului de autoreglare a procesului evoluției.

tice în interiorul populației. Este de subliniat că recombinarea genetică poate avea loc la nivel populațional (deci nu în procesul sexual) și la populații agame, prin combinații ale componenței clonale a populației.

Dezvoltarea individuală cu toate mecanismele morfogenezei reprezintă, de fapt, calea prin care se realizează în fenotip informația genetică a genotipului.

Deși informația genetică înscrisă în structura ADN este rigidă, totuși realizarea ei în fenotip, în cursul dezvoltării individuale, are o anumită labilitate (norma de reacție), astfel încît același genotip, în condiții diferite, poate avea diferite expresii fenotipice.

Reglarea automată a căilor metabolice prin care se asigură dezvoltarea și activitatea individuală, în funcție de condițiile mediului, determină în limitele normei de reacție caracterul adecvat al răspunsurilor individuale, fapt care permite supraviețuirea organismelor într-un mediu care se modifică mereu.

Desigur că procesul dezvoltării individuale poate fi modificat prin diferite perturbări, „zgomote“, cum ar fi mutațiile care pot aduce însemnate schimbări în desfășurarea dezvoltării.

Trebuie subliniat faptul că majoritatea caracterelor unui organism nu sînt determinate de cîte o singură genă și se află sub un control poligenic (vezi *Capit. 3.*), în ultimă instanță sub controlul întregului genotip.

Aceasta permite o sporire a stabilității genotipului și, totodată, acumularea în genotip a unei însemnate rezerve mutaționale. Valoarea unei mutații pentru individul respectiv este determinată deci nu numai de însușirile proprii ale genei date ci de organizarea genomului întreg. Dar într-o populație mendeliană (panmictică) unde circulația informației genetice este, cel puțin teoretic, nelimitată, genomul fiecărui individ apare ca expresie a genomului populației, este o părticică a acestuia din urmă. De aici se desprinde una din concluziile esențiale ale geneticii populațiilor, aceea că valoarea mutațiilor este determinată, în ultimă instanță, nu numai de genotipul individului dat ci și de patrimoniul genetic al populației ca întreg.

În felul acesta, prin controlul asupra proceselor de nivel individual, selecția determină o anumită concentrație în populație a anumitor genotipi, determină o anumită heterogenitate a populației care reușește să mențină populația în condiții concrete, cu minimum de pierderi. Studiul polimorfismului (vezi *Capit. 6.3.*) populațional arată că în acest proces supraviețuiesc și se înmulțesc preferențial nu numai genotipi cu valoare selectivă maximă, ci și aceia care determină dezvoltarea fenotipilor cu activitatea cea mai utilă populației. Esențial este că *ansamblul* structurii genetice a populației îi conferă acesteia plasticitatea necesară supraviețuirii în condițiile concrete ale ecosistemului dat.

Conexiunea inversă. Populația astfel constituită desfășoară o anumită activitate, ocupă și menține anumite teritorii (spații), consumă anumite resurse ale mediului cu o anumită intensitate, ritmicitate specifice ei; elimină în mediu anumiți produși; servește drept sursă de viață, direct sau indirect, pentru alte populații, determină desfășurarea unui flux energetic de o anumită intensitate. Prin toate aceste activități populația își îndeplinește funcțiile ei în ecosistem, determină anumite schimbări ale mediului și, pe această cale, care reprezintă *conexiunea inversă* a schemei circuitului de control, ecosistemul este deci informat asupra stării și activității populației. În modul acesta se încheie ciclul informațional și el reîncepe prin „aprecierea“ activității și a însușirilor populației de către ecosistem, care orientează acțiunea selecției.

După cum s-a arătat în *Capitolul 1,* conexiunea inversă poate fi *negativă* sau *pozitivă.* În primul caz ea stabilizează răspunsul sistemului dat prin oscilații în jurul unei anumite valori. În al doilea caz, răspunsul este treptat amplificat, ducînd în final la autodistrugerea, autonegarea sistemului. Aceste forme ale conexiunii inverse le regăsim și în procesul evoluției. Evoluția, în esență, constă în transformarea adaptativă a sistemelor populaționale și, deci, ale speciilor. Selecția, determinînd transformarea structurii genetice a populațiilor, duce treptat la transformarea calitativă a unor populații sau specii, duce deci la autonegarea lor. Acest proces apare ca rezultat caracteristic pentru acțiunea conexiunii inverse pozitive, iar forma corespunzătoare a selecției este selecția motoare sau direcțională (Ș m a l g a u s e n, 1968). În unele cazuri, în anumite condiții, selecția duce la eliminarea abaterilor de la norma de reacție a populației (speciei), determinînd stabilizarea acesteia. În acest caz, al selecției stabilizatoare, funcționează conexiunea inversă negativă. Ambele forme se pot transforma una în alta, în dependență de caracterul relațiilor cu mediul.

Această concepție despre evoluție, ca rezultat al interacțiunii sistemelor biologice (totodată cibernetice) de niveluri diferite de organizare, precizează nu numai caracterul cibernetic al evoluției, dar și rolul fiecărei categorii de sisteme biologice în acest proces.

Mutațiile, ca fenomene chimice, desfășurate în cadrul structurilor macromoleculare, împreună cu modificări ale genotipurilor rezultate din recombinări genetice, oferă „materia primă" din care se „construiește" evoluția. Aceste variații ale substratului material al eredității sînt obiectiv întîmplătoare față de necesitățile organismului în relațiile cu mediul (a admite contrariul, ar însemna a adopta concepții finaliste). Efectele lor însă sînt „corectate" prin mecanismele de autocontrol metabolic al fenotipului, în cadrul unor limite impuse de norma de reacție a organismului; această corectare permite răspunsul adecvat al organismului față de schimbările factorilor mediului. Dar, pe de altă parte, aceste răspunsuri ale fenotipului, permițînd menținerea în viață a individului, apar ca obiectiv-întîmplătoare față de necesitățile existenței populației (speciei) din care face parte. Ele se pot dovedi utile sau chiar dăunătoare pentru populație ca întreg. Aprecierea lor este făcută prin legi de nivel populațional — în primul rînd selecția care, treptat, va elimina ceea ce este dăunător și va păstra ceea ce este util existenței populației date. În modul acesta, după caractere fenotipice, vor fi păstrate anumite structuri genotipice cu calități optime pentru populație. Modificările populației, la rîndul lor, sînt „apreciate" de legile ecosistemului, în primul rînd de relațiile cu celelalte specii din biocenoză. Prin aceste relații, selecția va fi orientată mereu în sensul elaborării caracterelor celor mai utile populației pentru supraviețuire în ecosistemul concret din care face parte. Populația, fiind o parte componentă a însuși mecanismului de control, înseamnă că orice modificare a ei va atrage în mod automat modificarea mediului său și va declanșa un nou ciclu de informații, incluzînd indivizii, populația și biocenoza cu biotopul său. În modul acesta, se deschid căi nelimitate ale evoluției și perfecționării adaptative a speciilor.

BIBLIOGRAFIE

Adler, N. *The sensing of Chemicals by Bacteria.* În: „Sc. Amer.", April 1976, vol. 234, nr. 4, p. 40—47.

Alston, R. E., Turner, B. L. *Biochemical systematics.* Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs — N. J., 1963.

Amosov, N. M. *Modelirovanie mîşlenia i psihiki.* Kiev, 1965.

Apostol, P. *Cibernetică—cunoaştere—acţiune.* Editura politică, Bucureşti, 1969.

Ashby, W. R. *An Introduction to Cybernetics.* London, 1956.

Bănărescu, P. *Principiile şi metodele zoologiei sistematice.* Editura Academiei R. S. România, Bucureşti, 1973.

Bănărescu, P., Boşcaiu, N. *Biogeografie.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1973.

Băra, I. *Studiu asupra biologiei populaţiilor unor specii apomictice şi sexuate.* Teză de doctorat, Bucureşti, 1973.

Beadle, L. În: „Mechanisms in Biological Competition". Cambridge, 1961.

Beament, J. W. L. În: „Mechanisms in Biological Competition". Cambridge, 1961.

Beier, W. *Biofizica. Introducere în concepţia fizică a proprietăţilor sistemelor vii.* Bucureşti, 1966.

Benson, A. A. şi Lee, R. F. *The Role of Wax in Oceanic Food Chains.* În: „Sc. Amer. March", 1975, p. 77—86.

Benzer, S. În: „The Chemical Basis of Heredity". Symposium, Baltimore, 1957.

Berg, A. I. *Bionika i eio znacenie dlia razvitia tehniki.* În: „Bionika", Moskva, 1965, p. 3—13.

Berman, Z. I., Zavadski, K. M. ş.a. *Sovremionnîe problemî evoluţionnoi teorii.* Izd. „Nauka", Leningrad, 1967.

Bernal, J. D. *L'échelle des unités de structure en biopoièse.* În: „La pensée", Paris 1959, p. 84.

Bernal, J. *Structura moleculară, funcţia biochimică şi evoluţia.* În: „Theoretical and mathematical Biology", New York, 1965.

Bertalanffy, L. von, *Theoretische Biologie.* Berlin, 1932.

Bertalanffy, L. von. *Problems of Life.* Harper Torch books, New York, 1960.

Björkman, O. şi Berry, J. *High-Efficiency Photosinthesis.* În: „Sc. Amer.", Oct. 1973, vol. 229, nr. 4, p. 2—12.

Biegert, J. *Der Mensch, seine Herkunft, sein Werden.* În: „Humanbiologie" Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 1973, p. 1—48.

Bishop, J. A. şi Cook, L. M. *Moths, Melanism and Clean Air.* În: „Sc. Amer.", January 1975, p. 90—99.

Bodenheimer, F. S. *Précis d'écologie animale.* Payot, Paris, 1955.

Bornman Chris, N. *Welwitschia mirabilis: paradoxe du Désert du Namib.* În: „Endeavour", vol. XXXI, nr. 113, London, 1972, p. 95—99.

Botnariuc, N., *Din istoria Biologiei generale*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1961.
Botnariuc, N., Beldescu, St. *Monografia complexului de bălţi Crapina-Jijila*. Partea I: *Fiziografia*. În: „Hidrobiologia" nr. 2, Bucureşti, 1961, p. 161—242.
Botnariuc, N. *La question des prétendues hypertèlies*. În „Travaux de Muséum" „Gr. Antipa", nr. 4, Bucureşti, 1963.
Botnariuc, N. *Unele aspecte teoretice ale problemei integralităţii în biologie*. În: „Analele Universităţii Bucureşti", Seria biologie, an. XIII, Bucureşti, 1964, p. 35—44.
Botnariuc, N. *Nivelele de organizare ale materiei vii şi unele legi specifice lor, în lumina materialismului dialectic*. În: „Revista de filosofie", nr. 3, Bucureşti, 1964.
Botnariuc, N. *The Wholeness of living systems and some basic biological Problems*. În: „General systems", vol. XI, 1966, p. 93—98.
Botnariuc, N. *Principii de biologie generală*. Editura Academiei R. S. România, Bucureşti, 1967.
Botnariuc, N. *Some characteristic features of the floodphain ecosystems of the Danube*. În „Hidrobiologia", nr. 9, Bucureşti, 1967.
Botnariuc, N. *Caracterul autoreglabil al evoluţiei*. În: „Progresele ştiinţei", nr. 6, 10, Bucureşti, 1970, p. 447—452.
Botnariuc, N. *Concepţia şi metoda sistemică în biologia actuală*. În: „Revista de filosofie", nr. 10, Bucureşti, 1973.
Botnariuc, N., Albu, P. *Despre unele probleme ale taxonomiei contemporane*. Bucureşti, 1974.
Bouillon, J. *Spéciation et adaptation*. În: „Les naturalistes belges", nr. 6, p. 168—183; nr. 8, p. 249—261, Bruxelles, 1959.
Bradley, D. F. *Mnogourovnevîe sistemî v biologhii*. (Traducere din l. engleză.) În: „Teoria sistem v biologhii", Moskva, 1971, p. 59—90.
Cain, A. J. *Animal species and their evolution*. London, 1954.
Callahan, Ph. S. *Laser in der Biologie*. În: „Laser+Elek.-Opt.", 7, nr. 2, 1975, p. 38—39.
Calvin, M. *Chemical Evolution*. În: „Evolutionary Biology", vol. I. New York, 1967, p. 1—25.
Campbell, A. *Molecular Basis of Mutation*. În: „Topics in Cell Biology. Inheritance and Evolution". Harper and Row. New York, 1971, p. 104—111.
Carr, A. *The Navigation of the Green Turtle*. În: „Sc. Amer.", Mai 1965, vol. 212, nr. 5, p. 79—86.
Chauvin, R. *Les sociétés animales*. Plon, Paris, 1963.
Cizek, F., Hodanova, D. *Evolution als Selbstregulation*. G. Fischer, Jena, 1971.
Cotăescu, I. *Materia vie*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1968.
Cott, H. B. *Adaptative coloration in Animals*. London, 1940.
Couffignal, L. *La Cybernétique*. Presses Universitaire de France, 1963, p. 1—125.
Crowe, J. H. şi Cooper, A. F. Ir. *Cryptobiosis*. În: „Sc. Amer.", Dec. 1971, vol. 225, nr. 6, p. 30—36.
Cuénot, L. *L'espèce*. Paris, 1936.
Cuénot, L., Tetry, A. *L'evolution biologique*. Masson, Paris, 1951.
Curry-Lindahl, K. *Let them live*. William Morrowe Company, Inc. New York, 1972.
Darwin, Ch. *Originea speciilor*. Editura Academiei, Bucureşti, 1957.

Darwin, Ch. *Descendența omului și selecția sexuală*. Editura Academiei, București, 1967.
Davis, B. *Cellular Regulatory Mechanism*. În: „Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology", vol. XXVI, New York, 1961.
Davitașvili, L. S. *Teoria polovogo otbora*. Moskva, 1961.
Dice Lee, R. *Natural communities*. Ann Arbor. University of Michigan Press, 1955.
Dobzhansky, Th. *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press, New York, 1957.
Dobzhansky, Th., Boesiger, E. *Essais sur l'evolution*. Paris, 1968.
Dubinin, N. P. *Moleculiarnaia ghenetika i deistvie izlucenii na nasledstvennosti*. Moskva, 1963.
Dubinin, N. P. *Evoliuția populații i radiația*. Moskva, 1966.
Dumitrescu, M. *Bazele teoretice ale chemotaxonomiei* (În manuscris).
Eden, M. *Quelques remarques sur les systèmes autoadaptatives*. În: „Biogenèse". Masson, Paris, 1961, *p*. 45—52.
Ehrlich, P. R., Holm, R. W. *The process of Evolution*. McGraw-Hill, Book Company Inc. New York, 1963.
Elsasser, Walter, M. *The Physical Foundation of Biology*. Pergamon Press, New York, 1958.
Elton, Ch. *The Ecology of Invasions*. London, 1958.
Elton, Ch. *Animal Ecology*. London, 1962.
Emlen, S. T. *The Stellar-Orientation System of a Migratory Bird*. În: „Sc. Amer.", Aug. 1975, *p*. 102—111.
Evans, G. C. *A sack of uncut diamonds: the study of ecosystems and future resources of mankind*. În: „The Journal of Animal Ecology", vol. 45, nr. 1, 1976, *p*. 1—39.
Fenner, Frank. *Evolution in Action: Myxomatosis in Australian Wild Rabbit*. În: „Topics in Cell Biology, Inheritance and Evolution". Harper — Row, New York, 1971, *p*. 177—185.
Filipovici, I. V. *Kontrolnîe mehanizmî biosinteza ADN*. În: „Usp. sov. biologhii", t. 58, nr. 1 (4), Moskva, 1964, *p*. 22—32.
Florkin, M. *Perspectives in Comparative Biochemistry*. În: „Taxonomic biochemistry and Serology". Ed. Charles A. Leone Ronald Press, 1964.
Florovskaia, V. N. *Rezultatî diagnostiki uglerodistîh veșcestv, obrazuiușcihsia pri razlicinîh gheologhiceskih proțessah*. În: „Abioghenez i nacialinîie stadii evoliuții jizni". Moskva, 1968.
Ford, E. B. *The study of organic evolution by observation and experiment*. În: „Endeavour", 16, nr. 59, 1956.
Ford, E. B. *Genetic Polymorphysm*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass, 1965.
Formozov, A. N. *Zveri, ptiți i ih vzaimosviazi so sredoi obitania*. Izd „Nauka", Moskva, 1976.
Fox, S. W. *Molecular Evolution and the Origin of Life*. W. H. Freeman Company, San Francisco, 1972.
Furon, Raymond. *La géologie et la biogenèse*. În: „Biogenèse", Masson, 1967, *p*. 91—101.
Galaktionov, G. Z. *Nekotorîe aspektî v izucenii orientații evropeiskogo ugria*. În: „Tr. Atlantice. N.I.I. rîb. h-va", 1975.
Gamow, R. J., Harris, J. F. *The infrared Receptores of Snakes*. În: „Sc. Amer.", Mai 1973, *p*. 94—100.

G a s t o n, A. J. *Brood parasitism by the Pied crested cuckoo Clamator jacobinus.* În: „The journ. of anim. ecology", *45*, nr. 2, 1976, *p.* 331—348.
G a u d a n t, M., G a u d a n t, J. *Théories classiques de l'évolution.* Dunod, Paris. 1971.
G h e o d a k i a n, V. A. *O suşcestvovanii obratnoi sviazi, reguliruiuşcei sootnoşenie polov.* În: „Problemî kibernetiki", vol. 13, Moskva, 1965, *p.* 187—195.
G h e o r g h i u, T r., G r o s s u, T. S ă h l e a n u, V. *Introducere în biofizică.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1967.
G h e r b i l s k i, N. L. *Vnutrividovaia biologhiceskaia differenţiaţia i eio znacenie dlia vida v mire rîb.* În: „Vestnik Leningrad Universiteta", Seria biologie, nr. 21, Leningrad, 1957.
G o e t s c h, W. *Vergleichende Biologie der Insektenstaaten.* Leipzig, 1940.
G o l d s t e i n, L e s t e r. *Nucleocytoplasmic Relationships.* În: „Cell Physiology" Bourne Edit., New York, 1964.
G o l d o v s k i, A. M. *K poznaniiu biohimiceskoi suşcinosti proţessa izmencivosti organizmov.* În: Izvestia Akademia Nauk SSSR, Seria biologhiceskaia, nr. 1, Moskva, 1957.
G ö s s l e r, K l. *Vom Wesen des Lebens.* Akademie Verlag, Berlin, 1964.
G o u d o t, A. *La chimie électronique.* Presses Universitaire de France, 1964.
G r a n t, V e r n e. *The Origine of Adaptations.* New York and London, Columbia University Press, 1963.
G r ü m m e r, G. *Vzaimnoe vlianie vîsşih rastenii.* Moskva, 1957.
G u i a ş u, S., T e o d o r e s c u, R. *Matematica şi informaţia.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1965.
H a g g i s, G. H. şi colab. *Introducere în biologie moleculară.* Bucureşti, 1968.
H a i l o v, K. M. *Problema sistemoi organozovannosti v teoreticeskoi biologhii.* În: „Jurnal obscei biologhii", t. XXIV, nr. 5. Moskva, 1963, *p.* 324—333.
H a i l o v, K. M. *Problema sviazi organizaţii i evoliuţii jivîh sistem.* În: „Probleme de filosofie", nr. 4, 1966.
H e s e y, W. M., N o b s, M. A., B j ö r k m a n, O. *Experimental studies of the Nature of Species.* Carnegie Institution of Washington Publication, *629,* Washington D. C., 1971.
H o f f s t e t t e r, R. *Histoire des mammifères et dérive des continents.* În: „La Recherche", nr. 64, vol. 7, 1976, *p.* 124—138.
H o p k i n s, D. *Electric communication in the reproductiv behavior of Sternopygus macrurus (Gymnotoidei).* În: „Z. Tierpsichol." *35,* nr. 5, 1974, *p.* 518—535.
H ö l l d o b l e r, B. *Communication between Ants and Their Guests.* În: „Sc. Amer.", March, 1971, vol. vol. 224, nr. 3, *p.* 86—93.
H o u r o w i t z, F. *The chemistry and function of proteins.* Academic Press, New York, 1963.
H u x l e y, J. S. *The new systematics.* Claredon Press, Oxford, VIII, 1940, p. 583.
H u x l e y, J. S. *Evolution. The modern synthesis.* George Allen-Unwin Ltd., London, 1945.
H u x l e y, J. S. *L'évolution en action.* Presses Universitaire de France, Paris, 1956.
I a n k o v s k i, A. V. *Problema ţelostnosti biologhiceskogo vida.* În: „Filosofskie problemî sovremennoi biologhii". Moskva, 1966, *p.* 155—177.
I d y l l, C. P. *The Anchovy crisis.* În: „Sc. Amer.", June 1973, *p.* 22—29.

I o g a n z e n, B. G. *Neskoliko zamecianii po povodu problemî sistemnoi organizovannosti v teoreticeskoi biologhii.* În: „Jurnal obscei biologhii“, t. XXV, nr. 1, Moskva, 1964, p. 18—21.
I o n e s c u V a r o, M. *Biologie celulară.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1971.
I r i m i e, I. *Reflectare şi informaţie.* În: „Materialismul dialectic şi ştiinţele naturii“, X, Editura politică, Bucureşti, 1965, p. 549—571.
I u g a i, G. A. *Problema ţelostnosti organizma.* Moskva, 1962.
I u g a i, G. A. *Dialektika ciasti i ţelogo.* Alma-Ata, 1965.
J e a n n e l, R. *La marche de l'évolution.* Presses Universitaire de France, 1950.
J e n d r a s s i k, L. *Das Le Chateliersche Prinzip und die Gesetze der Störung dynamischer Gleichgewichte.* În: „Studia biologica hungarica“, nr. 3, 1963.
K a h a n e, E. *Conséquences épistémologiques des travaux sur la biogenèse.* În: „Biogenèse“. Ed. Masson, Paris, 1967, p. 30—37.
K a r l s o n, B. *Manual de biochimie.* Editura medicală, Bucureşti, 1967.
K e e t o n, W. T. *The mystery of pigeon homing.* În: „Sc. Amer.“, Dec. 1974, p. 96—107.
K i r ş e n b l a t, I a, D. *Telergoni — substanţele chimice de influenţă a animalelor.* Moskva, Izd. „Nauka“, 1968.
K i s t i a k o v s k i, A. B. *Polovoi otbor i vidovîe opoznavatelnîie priznaki u ptiţ.* Kiev, 1958.
K l a u s, G e o r g. *Kybernetik in philosophischer Sicht.* Dietz Verlag, Berlin, 1961.
K o l m o g o r o v, A. N. *Automatele şi viaţa.* În: „Cibernetica“. Bucureşti, 1963, p. 40—61.
K o r m o n d y, J. E. (editor), *Readings in Ecology.* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New-Jersey, 1965.
K o r m o n d y, J. E. *Concepts of Ecology.* New Jersey, 1969.
K o s t o i a n ţ, N. S. *Osnovî sravnitelinoi fiziologhii* (t. I.). Moskva, 1951.
K u m a r i, E. V. *Ob astronavigaţionnoi sposobnosti pereliotnîh ptiţ.* În: „Bionika“, Moskva, 1965, p. 342—345.
K v a ş a, L. G. *Uglişţe hondriţî.* În: „Abioghenez i nacialinîe stadii evoliuţii jizni“. Moskva, 1968.
L a b o r i t, H. *Physiologie humaine, cellulaire et organique.* Paris, 1961.
L a c k, D a v i d, *The Natural Regulation of Animal Numbers.* Oxford, 1954.
L e k t o r s k i, V. A., S a d o v s k i, V. I. *Despre principiile studiului sistemelor.* În: „Probleme de filosofie“, nr. 8, 1960.
L e r n e r, M i c h a e l. *Artificial selection.* În: „Topics in Cell Biology. Inheritance and Evolution“, Harper and Row, New York, 1971, p. 171—177.
L i a p u n o v, A. A., S t e b a e v, I. V. *O biogheoţenologhiceskom urovne upravlenia v ramkah biosferî.* În: „Problemî kibernetiki“, vol. 11, Moskva, 1964, p. 153—167.
L i e n h a r t, R. *Analyse biologique du phénomène d'hypertélie.* În: „Bull. fr l'Académie et de la Sociéte Lorraines des Sciences“. vol. VI, nr. 1, 1966, p. 3—11.
L i n d e m a n, R a y m o n d, L. *The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology.* În: „Ecology“, vol. 23, nr. 4, 1942.
L i u b i ş c e v, A. A. *Problemî sistematiki.* În: „Problemî evoliuţii“, tom. I. Novosibiirsk, 1968, p. 7—29.
L l o y d J a m e s, *Aggressive mimiery in Photuris fireflies: signal repertoires by femmes fatales.* În: „Science“, *187*, nr. 4175, 1975, p. 452—453.

L o b a ş e v, M. E. *Ghenetika,* Leningrad, 1963.
L o r e n z, K. *L'agression. Une histoire naturelle du mal.* Ed. Flammarion, Paris, 1969.
L o r e n z, D. H., E i c h h o r n, K. W. *Prüfung des Resistenzverhaltens von Botrytis cinerea an Reben gegenüber Benzimidazolen unter dem Aspekt der Resensibilisierung resistenter stämme.* În: „Die Wein-Wissenschaft", nr. 6, 1975, *p.* 301—311.
L u c a s, C. E. În: „Mecanisms in Biological Competition". Cambridge, 1961.
L u d w i g, W. *Die Selektionstheorie.* În: „Die Evolution der Organismen". Stuttgart, 1959, *p.* 662—712.
M a c o v s c h i, E. *Biostructura.* Editura Academiei R.S. România, 1969.
M a n i, M. S. *Ecology and biogeography of high altitude Insects.* Junk, La Haye, 1968.
M a r g a l e f, R. *Información e diversidad especifica en las comunidades de organismos.* În: „Invest, pesquera", t. 3, 1956, *p.* 99—106.
M a r g a l e f, R. *On Certain Unifying Principles in Ecology.* În: „American Naturalist", nr. 97, 1963, *p.* 357—374.
M a n t e i f e l, B. P., N a u m o v, N. P., I a c o b i, V. E. *Orientaţia i navigaţia v mire jivotnîh.* În: „Bionika". Moskva, 1965, *p.* 245—251.
M a t h e r, K. *Polymorphysm as an outcome of disruptive selection.* În: „Evolution", 1955, *p.* 52—61.
M a y r, E. *Animal Species and Evolution.* Massachusetts — Cambridge, 1963.
M e l l o r s W i l l i a m, K. *Selective predation of ephippial Daphnia and the resistance of ephippial eggs to digestion.* În: „Ecology" *56,* nr. 4, 1975, *p.* 974—980.
M e s a r o v i c, M. D. *Teoria, sistem i biologhia. Tocika zrenia teoretika.* Traducere din l. engleză. Moskva, 1971, *p.* 90—128.
M e t t l e r, L a w r e n c e, E., G r e g g, T h o m a s, G. *Population Genetics and Evolution.* Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
M o r a r u, I., A n t o h i, S t. *Introducere în genetica moleculară.* Bucureşti, 1964.
M o r o z o v, A. V. *O rashojdenii v roste molodîh rîb i pricinah etogo rashojdenia* În: „Zoologhiceskii jurnal", t. XXX, nr. 5, Moskva, 1961, *p.* 457—465.
N a u m o v, N. P. *Ekologhia jivotnîh.* Moskva, 1963.
N a u m o v, N. P. *Neskoliko zamecianii k probleme orientaţii.* În: „Bionika. Moskva, 1965.
N e c r a s o v, O. *Originea şi evoluţia omului.* Editura Academiei R. S. România, Bucureşti, 1971.
N i c o l a i, J ü r g e n. *Mimicry in parasitic birds.* În: „Sc. Amer.", Oct. 1974, *p.* 93—98.
N i c o l a u, E d. *Introducere în cibernetică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1964.
N i k o l s k i, G. V. *Rîbî basseina Amura.* Moskva, 1956.
N i k o l s k i, G. V. *O dinamike vzaimootnoşenii organizma i sredî.* În: „Filozofskie voprosî estestvoznania", t. 1. Moskva, 1958.
N i k o l s k i, G. V., P i k u l e v a, V. A. *O prisposobitelnom znacenii amplitudî izmencivosti vidovîh priznakov organizmov.* În: „Zoologhiceskii Jurnal", t. 37, nr. 7. Moskva, 1958.
N i k o l s k i, G. V. *Ekologhia rîb.* Moskva, 1961.

Nikolski, G. V. *On the Biological Basic Mathematical Models for the Dynamics of Fish Populations.* Conseil Permanent international pour l'exploration de la Mer. În: „Raports et procès verbaux", vol. 155, 1964.
Nikolski, G. V. *Teoria dinamiki stada rîb.* Moskva, 1965.
Odum, E. P. *Fundamentals of Ecology.* W. B. Saunders Company, Philadelphia-London, 1971.
Odum, E. P. *Relationships between Structure and Function in Ecosystems.* În: „Japanese Journal of Ecology" nr. 12, 1962, p. 108—118.
Oparin, A. I. *Originea vieții pe Pămînt.* Editura științifică, București, 1959.
Oparin, A. I. *Sostoianie i zadaci issledovanii po probleme proishojdenia jizni.* În: „Abioghenez i nacialnîe stadii evoliuții jizni". Moskva, 1968.
Oparin, A. I. *O prințipe organizații koațervatnîh sistem i modelirovanii v nih pervicinîh form obmena veșcestv.* În: „Abioghenez i nacialnîe stadii evoluții jizni". Moskva, 1968.
Pardee, A. B., Beckwith, J. R. În: „Informational macromolecules. A Symposium Held at the Institute of Microbiology of Rutgers". Academic Press, New York, 1963.
Parker, F. N. *The Sun.* În: „Sc. Amer.", Sept. 1975, p. 43—50.
Patten, B. C. *An introduction to the cybernetics of the ecosystems: the trophic-dynamic aspect.* În: „Ecology", 1959, 40, 20, p. 221—231.
Pauling, Linus. *Chimie generală.* Editura științifică, București, 1972.
Pavlovskaia, T. E., Pasînski, A. T., Sidorov, V. S., Ladîjenskaia, A. I. *Dobiologhiceskii sintez biohimiceskii vajnîh soedinenii.* În: „Abioghenez i nacialinîe stadii evoliuții jizni". Moskva, 1968.
Peatnitchi, I. *Dialectica vitalității organismelor.* Editura Academiei R. S. România, București, 1969.
Pelovski, Minko. *Orientația i signalizația u pciol.* În: „Pcelarstvo" (Bulgaria), nr. 4, 1975, p. 8—10.
Perès, J. M., Deveze, L. *Océanographie biologique* (vol. II). Paris, 1963.
Petit, C., Prévost, G. *Génetique et évolution.* Collection Méthodes. Hermann, Paris, 1967.
Picoș, C. A. *Viața la temperaturi extreme.* Editura științifică și enciclopedică, București, 1966, p. 312.
Pittendrigh, G. S. *Behavior and Evolution.* Yale Universitet Press, 1958.
Poddubnii, A. G., *Nekotorîe rezultatî distanționnîh nabludenii za povedeniem migriruiușcih rîb.* În: „Bionika", Moscova, 1965, p. 255—264.
Poleanski, I. I. *O vnutrividovoi differențiații i strukture vida u prosteșih.* În: „Vestnik Leningradskoi Universiteta". Seria Biologie, nr. 21, 1957.
Pora, E. *Action quantitative et qualitative des cels minéraux en physiologie (le facteur rapique).* În: „Regional Congress of International Union of Physiological Sciences". Brașov, august 1970, p. 85—87.
Quastler, H. *The Status of Information Theory in Biology.* În: „Symposium on Information Theory in Biology". Gatlinburg Tennessee, 29—31 oct. 1956, Pergamon Press, New York, 1958, p. 399—402.
Rabega, C. *Chimie generală.* Editura didactică și pedagogică, București, 1970.
Racoviță, E. *Evoluția și problemele ei.* Cluj, 1929.
Rădulescu, M. și Stugren, B. *Aferentația inversă în ecosisteme.* În: „Studii și cercetări de biologie", vol. 14. Cluj-Napoca, 1963, p. 135—148.
Raicu, P., Ionescu-Varo, M., Gancevici, G., Moisescu, G. *Celula. Structură, ultrastructură, funcții.* Editura Academiei R. S. România, 1972.

R e n s c h, B. *Neuere Probleme der Abstammungslehre. Die transspezifische Evolution.* Stuttgart, 1954.

R i t t e r, N. *Was sind Rassen? Der Entwurf einer modernen Rassenkunde.* În: „Humanbiologie". Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1973, *p.* 75—86.

de R o b e r t i s, E., N o w i n s k i, W., S a e z, F r. *Cell Biology,* London, 1965.

R u f f i é, J. *De la biologie à la culture.* Ed. Flammarion, 1976.

S a c c h i, C. F., T e s t a r d, P. *Ecologie animale (organismes et milieu).* Doin Editeurs, 1971.

S a d r o n, C h. *Les macromolécules en chaine, étape de l'évolution moléculaire,* În: „Biogenèse". Masson, Paris, 1967, *p.* 153—161.

S ă h l e a n u, V. *Ştiinţa şi filozofia informaţiei.* Editura politică, Bucureşti, 1971.

S ă h l e a n u, V. *Teoria sistemelor ca o cale către o „Antropologie abstractă".* În: „Revista de filosofie", tom. 20, nr. 7. 1973, *p.* 813—820.

S a v a g e, J a y, M. *Evolution.* Holt, Rinehart and Winston, Inc. U.S.A., 1963.

Ş m a l g a u s e n, I. I. *Problemî darwinisma.* Moskva, 1946.

Ş m a l g a u s e n, I. I. *Controli i reguliaţia v evoliuţii.* În: „Buletinul Societăţii Naturaliştilor". Secţia biologie, t. 63, nr. 5, 1958.

Ş m a l g a u s e n, I. I. *Informaţia ereditară şi transformările ei.* În: „Analele româno-sovietice". Seria biologie, nr. 2, 1959, *p.* 5—26.

Ş m a l g a u s e n, I. I. *Evoliuţia v svete kibernetiki.* În: „Problemî kibernetiki", vol. 13, 1965, *p.* 195—201.

Ş m a l g a u s e n, I. I. *Factorî evoliuţii.* Moskva, 1968.

S e v e r ţ o v, A. N. *Morfologhiceskie zokonomernosti evoliuţii.* În: „Opere complete", vol. V., Moskva, 1949.

S e v e r ţ o v, S. A. *Problemî ekologhii jivotnîh,* vol. I. Moskva, 1951.

S e l a n d e r, R o b e r t. *Genetic variation in Natural Populations.* În: „Topica in Cell Biology. Inheritance and Evolution". Harper and Row, New York, 1971, *p.* 155—163.

S e t r o v, M. S. *Organizaţia biosistem.* Leningrad, 1971.

S h e p p a r d, P. M. *Some Contributions to Population Genetics Resulting from the Study of the Lepidoptera.* În: „Advances in Genetics", vol. 10. Academic Press. Inc. New York, 1961, *p.* 165—216.

S i m p s o n, G. C. *Tempo and Modes in Evolution.* New York, 1944 (traducere franceză), Paris, 1950.

S i m p s o n, G. G. *The major features of evolution.* New York, 1953.

S i n s k a i a, E. N. *Problema populaţii u vîsşih rastenii.* În: „Vestnik Leningrad Universiteta", Seria Biologie, nr. 2, 1958.

S t e b b i n s, L. *Processes of organic evolution.* New Jersey, 1966.

S t u g r e n, B. *Ştiinţa evoluţiei.* Editura politică, Bucureşti, 1965.

S z e n t - G y ö r g y i, A. *Bioenergetica,* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1962.

T a h t a d j e a n, A. L. *Priamoe prisposoblenie ili estestvennii otbor? (O statisticeskih zakonah v biologhii).* În: „Botaniceskii jurnal", nr. 4, 1957.

T a m b i e v, A. H. *Letucie veşcestva, zapahi i ih biologhiceskoe znacenie.* Izd. „Znanie", Moskva, 1974, *p.* 64.

T e i s s i e r, G. *Transformisme d'aujourd'hui.* În: „L'Année Biologique", série 4, t. I, fasc. 7—8, 1962, *p.* 359—374.

T e s i o, C. *Metode biochimice aplicate în sistematica animală.* (Centrul de multiplicare al Universităţii Bucureşti, 1973.)

T h o d a y, I., G i b s o n. *Insolation by disruptive selection.* În: „Nature“ 193, 4821, 1962, *p.* 60—68.
T h o m a s, A n d r é, I. *Remarques sur DNA mitochondrial et sur l'endosymbiose.* În: „Biogenèse“. Ed. Masson, Paris, 1967, *p.* 355—360.
T i n b e r g e n, N. *An objectivistic study of the innate behaviour of animals.* În: „Bibliotheca biotheoretica“, series D. vol. I. pars. 2. Leiden, 1942.
T r é m o l i è r e s, J. *Biologie générale,* tome 1. Ed. Dunod, Paris, 1966.
V a n d e l, A. *L'homme et l'évolution.* Ed. Gallimard, Paris, 1958.
V a n d e l, A. *Biospéologie.* Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1964.
V a s n e ț o v, V. V. *Țelostnosti ekologhii vida u rîb.* În: „Ocerki po obșcim voprosam ihtiologhii“, Moskva, 1953, *p.* 91—118.
V a s n e ț o v, V. V. *Etapî razvitia kostistîh rîb.* În: „Ocerki po obşcim voprosam ihtiologhii“. Moskva, 1953, *p.* 207—217.
V i l l e e, C. *Biology.* W. B. Saunders Company, Philadelphia and London, 1962.
W a t e r m a n, T. H., *Teoria sistem i biologhia. Tocika zrenia biologa* (Traducere din l. engleză). Moskva, 1971.
W a t s o n, J. D. *Molecular Biology of the Gene.* New York, 1965.
W e h n e r, R. *Polarized-Light Navigation by Insects.* În: „Sc. Amer.“ vol. 235, nr. 1, July 1976, *p.* 106—115.
W i e n e r, N o r b e r t. *Cibernetica.* Bucureşti, 1966.
W y n n e - E d w a r d s, V. C. *The control of population density through social behaviour: a hypothesis.* From Ibis, 101, 1959, *p.* 436—441.
W y n n e - E d w a r d s, V. C. *Social Organization as a population Regulator.* Reprinted from Symp. Zool. Soc. London, nr. 14, 1965, *p.* 173—178.
Y o n g e, C. M. *Giant Clams.* În: „Sc. Amer.“, vol. 232, nr. 4, April 1975, *p.* 96—105.
Z a h v a t k i n, A. A. *Sravnitelinaia embriologhia nizşih bespozvonocinîh.* Moskva, 1949.
Z a v a d s k i, K. M. *Teoria vida.* Leningrad, 1961.
Z a v a d s k i, K. M. *Osnovnie formî organizații jivogo i ih podrazdelenia.* În: „Filozofskie problemî sovremennoi biologhii“, Moskva, 1966, *p.* 29—48.

INDEX DE TERMENI

— B —

— C —

— D —

— E —

— F —

— H —

— M —

— N —

— O —

— P —

— Q —

— R —

— T —

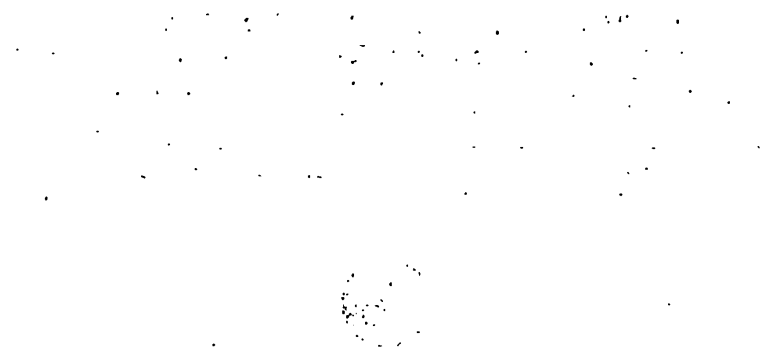
— U —

— V —

Tiraj: 12 000 ex. leg. 1/1. S.P.: 110. Coli de tipar: 26,75. Hîrtie: Scris I.A 70×100/70. Format: 16/70×100. Bun de tipar: 8. III. 979. Nr. plan: 5776. Ediția: 1979.

Tiparul executat sub comanda nr. 214, la Întreprinderea Poligrafică „Crișana", Oradea, str. Moscovei nr. 5. Republica Socialistă România





Lei 20,80